This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

ARTES
SCIENTIA
VERITAS
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
DEPARTMENT
OF
ENGINEERING

TA
2
S62

SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

ANNÉE 1882

La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses Membres dans les discussions, ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le *Bulletin*.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

FONDÉE LE 4 MARS 1848

RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE PAR DÉCRET IMPÉRIAL DU 22 DÉCEMBRE 1860

ANNÉE 1882

PREMIER VOLUME

PARIS

SIÉGE DE LA SOCIÉTÉ

10, CITÉ ROUGEMONT, 10

—

1882

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

JANVIER 1882

N° 1

Pendant le mois de janvier, les questions suivantes ont été traitées :

1° *Discours* de MM. Mathieu et Émile Trélat. (Séance du 6 janvier, pages 47 et 63.)

2° *Pont du Douro*, lettre de M. Seyrig. (Séance du 20 janvier, page 78.)

3° *Aménagement des eaux dans ses applications aux travaux d'amélioration de la navigabilité des cours d'eau* (*Théorie générale de l'*), par M. Cotard. (Séance du 20 janvier, page 79.)

Pendant le mois de janvier la Société a reçu :

De M. Weil, membre de la Société : 1° un exemplaire d'une note sur ses procédés de *dépôts de couches métalliques de diverses couleurs, par l'électricité;* 2° un exemplaire d'une note sur ses procédés *de cuivrage direct de la fonte du fer et de l'acier;* 3° un exemplaire d'une note sur l'historique du procédé employé *pour le cuivrage direct de la fonte.*

De M. Dubuisson, membre de la Société, un exemplaire d'*études définitives d'une voie ferrée, entre deux points donnés.*

163365

De la *Société technique de l'industrie du gaz en France*, un exemplaire du *Compte rendu du huitième congrès* tenu à Nantes.

De son excellence M. le Ministre des travaux publics, de Belgique, un exemplaire des *Diagrammes des variations de niveau de la mer observées à l'extrémité de l'estacade d'Est, du chenal d'entrée du port d'Ostende*, pendant l'année 1880.

De M. Gouilly, membre de la Société, un mémoire sur la *thermodynamique, nouvelle théorie des gaz.*

De M. Yvon Villarceau, membre de la Société, une note sur *la forme la plus convenable à donner aux aubes, dans les roues hydrauliques à aubes courbes, et aux courbes directrices, dans les turbines, etc., etc.*

De M. Moreau (A.), membre de la Société, un exemplaire de sa note sur la *Dynamite gomme ou gélatine explosive.*

De M. Bourdil, membre de la Société, un exemplaire des *Lettres sur l'Australie*, par M. Philibert Picrochole.

De M. Brüll, membre de la Société, un exemplaire d'une note sur le *Chemin de fer à chaîne flottante d'Aïn-Sedma.*

De M. Ducher, éditeur, un exemplaire de l'ouvrage de M. Philippe sur l'*Humidité dans les constructions et des moyens de s'en garantir.*

De M. Terrier, membre de la Société, un exemplaire de la note sur les *Pierres à bâtir de la France.*

La Société a reçu de plus les publications suivantes :

INSTITUTIONS.

Académie royale de Linceri, de Florence.

Academia di Scienze, Lettere ed Arti de Florence.

Academy American of arts and sciences.

Aéronaute (L'), organe international de la navigation aérienne.

American Society of Civil Engineers.

Annales des ponts et chaussées.

Annales des mines.

Association centrale des Ingénieurs industriels de Madrid.

Association des propriétaires d'appareils à vapeur du Nord de la France.

Association des anciens élèves de l'École de Liège.

Association des Ingénieurs sortis des Écoles spéciales de Gand.

Association des anciens élèves de l'Ecole polytechnique.

Association amicale des anciens élèves de l'École centrale des arts et manufactures.

Association amicale des anciens élèves de l'Ecole des Mines.

Association des Ingénieurs industriels de Barcelone.

Atti del Collegio degli Architetti ed Ingegneri in Firenze.

Comptes rendus de l'Académie des sciences.

Franklin Institute.

Institution of civil Engineers.

Institution of Mechanical Engineers.

Institution of american, Mining Engineers.

Iron and Steel Institute.

Magyar Mérnökes-Epilesz-Egylet Közlönye.

Midland Institut of Mining civil and méchanical Engineers.

Société de Physique.

Society of telegraph Engineers.

Society of Engineers (*anglais*).

Société industrielle de Reims.

Société des Architectes des Alpes-Maritimes.

Société industrielle de Mulhouse.

Society of Engineers and Shipbuilders of Scotland.

Société de l'industrie minérale de Saint-Étienne.

Société d'encouragement.

Société de géographie.

Société nationale et centrale d'agriculture.

Société des Ingénieurs portugais.

Société nationale des sciences, de l'agriculture et des arts de Lille.

Société industrielle de Saint-Quentin et de l'Aisne.

Société des anciens élèves des Écoles d'arts et métiers.

Société scientifique industrielle de Marseille.

Société des Architectes et Ingénieurs du Hanovre.

Société royale des Sciences de Bohême (à Prague).

Société des Arts d'Édimbourg.

Société académique d'agriculture, des sciences, arts et belles-lettres du département de l'Aube.

Société de Photographie.

Société des Ingénieurs et Architectes autrichiens.

Société industrielle de Rouen.

Société technique de l'Industrie du gaz en France.

Société des Études coloniales et maritimes.

Société de géographie commerciale de Bordeaux.

Société de géographie de Marseille.

Société Vandoise des Ingénieurs et Architectes,

Union des Ingénieurs sortis des Écoles spéciales de l'Université catholique de Louvain.

Union des charbonnages, mines et usines métallurgiques de la province de Liège.

Union géographique du Nord de la France.

PUBLICATIONS PÉRIODIQUES.

American Engineer.

Annales des Conducteurs des ponts et chaussées.

Annales industrielles, par Cassagne.

Annales du Génie civil (ne paraissent plus).

Annales des Travaux publics.

Annales de la construction, par Oppermann.

Annalen fur Gewerbe et Bauwesen.

Annales des chemins vicinaux.

Annalen fur Gerverbe et Beauvesen.

Astronomie (L').

Bulletin officiel de la Marine.

Canadian Journal of science, litterature, and history.

Centralblat der Bauverwaltung.
Chronique industrielle.
Comité des forges de France.
Dingler's Polytechnisches Journal.
Écho Industriel.
Économiste (*L'*).
Electricien (*L'*).
Encyclopédie d'architecture.
Engineer (*The*).
Engineering et sa traduction française *L'Ingénieur.*
Engineering News an Illustrated Weekly Journal (de Chicago).
Gazette des Architectes.
Gazette du Village.
Génie civil (*Le*).
Iron, Journal of science, metals et manufacture.
Journal d'Agriculture pratique.
Journal du Magnétisme.
Journal of the Society of Arts.
Journal des Chemins de fer.
Journal Suisse des chemins de fer (Eisenbahn)
Houille (*La*).
Musée Royal de l'industrie de Belgique.
Le Monde de la Science et de l'Industrie.
Mondes (*Les*).
Moniteur des chemins de fer.
Moniteur industriel belge.
Moniteur des fils, des tissus, des apprêts et de la teinture.
Moniteur des Travaux publics.
Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens.
Politecnico (*Il*) *Giornale dell' Ingegnere Architetto civile ed industriale.*
Portefeuille économique des machines, par Oppermann.
Proceedings of the American Academy arts and sciences.
Propagateur (*Le*) *de l'Industrie et des Inventions.*
Railroad Gazette.

Réforme des Chemins de fer.
Revue métallurgique (La).
Revue des chemins de fer et des progrès industriels.
Revue maritime et coloniale.
Revue d'architecture.
Revista de obras publicas.
Revue des Deux-Mondes (1864-1880).
Revue horticole (La).
Revue générale des chemins de fer.
Revue technique polonaise.
Revue universelle des mines et de la métallurgie.
Revue des Industries chimiques et agricoles.
Semaine des constructeurs (La).
Semaine financière (La).
Sucrerie indigène (La).
Teknisk Tidskrift.

Les Membres nouvellement admis sont :

MM.	Billéma,	présenté par	MM. Bletry, Francq et Mesnard.
	Boué,	—	Courtier, Delaporte et Douau.
	Delpeuch,	—	Douane, Max Nansouty et Chassevent.
	Ducomet,	—	Carimantrand, Mallet et Marché.
	Dychoff,	—	Badois, Carimantrand et Seyrig.
	Forest,	—	Contamin, Cauvet et Lartigue.
	Guichard,	—	Bréguet, A. Fontaine et Lartigue.
	Guppy,	—	Arsac, Auderut et Cousin.
	Keim,	—	Fleury, Marché et Mouchelet.
	Le Brun,	—	Berton, Cerbelaud et Duluc.
	Leudet,	—	Rey, Vallot (H.) et Vallot (E.).
	Levy,	—	Brüll, Cauvet et Piffre.
	Pillet,	—	Gottschalk, Pontzen et Émile Trélat.
	Szarvady,	—	Levi, G. Mallet et Marché.
	Tellier,	—	Armengaud, Desgrange et Richard.

NOTE

SUR

LES VOITURES A VAPEUR

SYSTÈME AMÉDÉE BOLLÉE

PAR M. **LE CORDIER.**

Administrateur délégué et Ingénieur de la Société fondatrice des voitures à vapeur.

Le but de cette note est d'exposer les progrès accomplis dans la construction et dans l'exploitation des voitures à vapeur du système Amédée Bollée, depuis le 2 mai 1876, date de ma précédente communication sur le même sujet. Ces progrès sont importants puisque nous avons aujourd'hui vingt-cinq voitures à vapeur construites et deux services réguliers en pleine exploitation. Mais procédons par ordre et reprenons la question au point où nous l'avions laissée le 2 mai 1879.

Nos véhicules circulent sur les chaussées des routes, sans rails, et sont mus par la vapeur (qui sait s'ils ne seront pas un jour mus par l'électricité !) Ils se distinguent par deux principaux caractères que je vais rappeler en peu de mots, afin que les personnes qui les auraient perdus de vue puissent facilement comprendre ce qui va suivre.

D'abord ce sont des voitures, non des locomotives. Nous avons pensé que si la locomotive est le meilleur véhicule qui convienne aux rails et les rails la meilleure voie qui convienne aux locomotives, les voitures sont de leur côté les meilleurs véhicules qui conviennent aux routes et les chaussées le meilleur sol pour porter les voitures. En d'autres termes nous avons réglé tous les détails de la carrosserie en ayant constamment sous les yeux pour modèles les voitures de luxe et les omnibus de ville ; nous avons même appliqué ces principes aux plus lourds de nos véhicules destinés à remorquer les trains de marchandises. On verra par la suite combien nous avons eu à nous féliciter

d'avoir établi la différence la plus tranchée, à ce point de vue, entre nos voitures à vapeur et les locomotives.

Comme conséquence, nous employons des ressorts très longs, très nombreux, très flexibles, ayant plus d'une fois observé que dans les véhicules mal suspendus une portion plus ou moins restreinte de la force motrice est utilisée pour la propulsion, le reste n'ayant d'autre effet que de disloquer et de détruire les véhicules eux-mêmes. Nous sommes conduits par là à transmettre le mouvement à l'essieu moteur par l'intermédiaire de chaînes de Galles et celles-ci sont combinées de manière à ne pouvoir ni se rompre, ni s'allonger sensiblement.

Le second caractère consiste dans la disposition de l'avant-train sans essieu et à deux pivots. Chaque roue d'avant peut pivoter en effet autour de la verticale qui passe par son centre ou du moins très près de son centre. Ce mouvement se produit chaque fois que la voiture doit infléchir sa marche à droite ou à gauche. Il est commandé par le pilote, qui, assis au milieu du siège d'avant et faisant face à la route à parcourir, a entre les mains le volant horizontal du gouvernail dont l'arbre vertical agit sur des leviers et des bielles qui provoquent le mouvement des pivots des roues d'avant. La longueur et la direction des bielles et leviers sont réglés de telle sorte que pour la marche en ligne droite les roues d'avant sont exactement parallèlles à l'axe de la voiture, mais si on veut obliquer à droite, par exemple, en agissant sur le gouvernail on fait obliquer la roue droite plus que la roue gauche ; et la différence d'obliquité a été calculée de telle sorte que les axes horizontaux des roues d'avant ont leur point d'intersection constamment situé sur le prolongement de l'essieu d'arrière ; d'où résulte que ce point étant le centre général de rotation du véhicule, chaque roue est perpendiculaire à son rayon propre de rotation. Tout cela reste vrai, alors même qu'on donne aux roues une grande obliquité. On peut donc théoriquement restreindre indéfiniment le rayon de rotation ; mais en pratique, afin d'éviter les effets dangereux de la force centrifuge, on limite à $2^{m},50$ environ la valeur minima du rayon des courbes.

L'avantage de l'avant-train à deux pivots est considérable pour la marche rapide. D'abord la base du véhicule étant toujours un rectangle parfait, la stabilité est plus grande dans les courbes ; ensuite une force nuisible provenant par exemple d'une pierre ou d'un autre obstacle placé sur la route, ne peut entraver l'action du pilote et faire dévier le véhicule : car cette force n'a pas de *moment* et le pilote lui

résistera sans effort. C'est pour la même raison que les manœuvres se font avec une facilité et une promptitude extrêmes, si bien que pour conclure on peut dire du gouvernail de M. Bollée : c'est la clef de la marche à grande vitesse.

Je n'insiste pas davantage sur la description du système Bollée qui a déjà été souvent et complètement présentée, notamment par M. Tresca, à l'Académie des sciences, dans la séance du 2 novembre 1875, et j'indiquerai seulement quels perfectionnements lui ont été récemment apportés.

Les chaudières Field adoptées dès 1873 par M. Bollée laissent peu à désirer. Sous un petit volume et un faible poids, elles produisent de très grandes quantités de vapeur. Elles ne s'encrassent pas, parce que l'activité de la circulation de l'eau dans les tubes en chasse toutes les impuretés et celles-ci vont se déposer dans l'espace annulaire qui entoure la région occupée par les tubes. Un nettoyage par semaine est facile à faire et suffisant. Le seul progrès a consisté dans l'emploi des tubes surchauffeurs disposés dans la cheminée dont le diamètre a dû pour cette cause être augmenté. Mais on ne s'est pas borné à construire des chaudières Field. On a employé également des chaudières du type locomotive plus ou moins modifié, avec tubes de fumée horizontaux. Ces chaudières paraissent présenter un avantage dans les grandes voitures à vapeur remorquant des trains de marchandises : c'est qu'on peut leur donner une assez faible largeur pour qu'elles trouvent facilement leur place entre les énormes roues motrices de ces voitures. Elles ont d'ailleurs le défaut d'exiger un tirage artificiel énergique dans la cheminée, ce qui nécessite une contre-pression fâcheuse dans les cylindres ; elles sont en outre plus exposées aux fuites que les chaudières Field. Celles-ci fonctionnent parfaitement avec un tirage artificiel presque nul et il en est résulté la possibilité de détendre la vapeur au huitième ou même au dixième. Il est vrai que la coulisse de Stéphenson ne se prête pas à ces grandes détentes, mais M. Bollée père a inventé et construit un tiroir circulaire qui les réalise parfaitement, et qui a déjà fonctionné pendant de longs mois d'une façon à peu près irréprochable. Grâce à cette distribution circulaire, les lumières d'introduction et d'échappement s'ouvrent très grand et très rapidement ; il en résulte que la vitesse peut être portée à plus de 500 tours par minute, et le résultat reviendra encore plus remarquable quand les cylindres auront des enveloppes de vapeur. Mais dès maintenant une première voiture à vapeur

munie de cet appareil fonctionne dans des conditions d'économie d'eau et de charbon précédemment inconnues.

Nous avons en ce moment en expérimentation un appareil condensateur et qui a pour objet d'utiliser presque indéfiniemnt la même eau, ce qui ne serait pas moins précieux comme moyen de faire des trajets plus longs sans prendre d'eau que pour préserver la chaudière des dépôts et incrustations de toute nature.

Il y a deux ans, la machine était invariablement placée verticalement à l'avant du véhicule. M. Bollée a accompli un progrès notable en la disposant horizontalement près de la chaudière, les cylindres étant parallèles à l'axe longitudinal du véhicule. L'ancienne disposition ne subsiste que pour certaines voitures de petite dimension. — Un autre progrès a consisté à réduire de moitié le nombre de coups battus en une minute par la pompe alimentaire; avec une marche ralentie et de gros tuyaux, elle fonctionne très régulièrement. Enfin, dernier perfectionnement : au lieu de deux chaînes de transmission actionnant chacune une roue motrice, on n'en emploie plus qu'une seule, ce qui n'empêche pas d'obtenir les avantages qui résultent de la transmission différentielle. Telles sont les principales améliorations mécaniques réalisées dans la construction de nos voitures.

En même temps les moyens d'amoindrir les difficultés provenant du sol des routes ont été étudiés et pratiqués.

A cet égard, on a reconnu que sur presque toutes les chaussées de macadam on peut compter sur un coefficient d'adhérence égal à 0,35. Exceptionnellement, ce chiffre se réduit de moitié sur le macadam composé de basalte très dur, et même des cinq sixièmes sur le macadam calcaire mouillé, tandis qu'il s'élève jusqu'à 0,45 sur le macadam calcaire sec. Sur le pavé le coefficient d'adhérence est en général beaucoup moins grand que sur le macadam. Pour obvier à ces variations, il y a deux remèdes. Le premier a déjà été pratiqué avec succès et consiste à répandre du sable absolument comme pour les locomotives qui patinent; mais ce remède n'est applicable que dans le cas où la section mauvaise a peu de longueur. Dans le cas contraire, il faut faire usage du second remède qui consiste à changer, avec le concours des administrations, les matériaux d'entretien des routes. Déjà la tendance actuelle est d'éliminer les matériaux défectueux et d'employer, voire même en quantité moindre, des matériaux de première qualité. Cette tendance deviendra de plus en plus générale à mesure que les chemins de fer se

multiplieront et que les grands transports deviendront moins dispendieux. Les voitures à vapeur elles-mêmes viendront en aide, et effectueront certains parcours, même très longs, à bas prix, parce qu'elles pénétreront dans les carrières et distribueront les chariots chargés de pierres cassées, un par un, sur le bord des routes d'emploi, sans camionnage ni transbordement.

Le coefficient de roulement se mesure par la déclivité de la pente sur laquelle une voiture descend sans vapeur en conservant sa vitesse. Ce coefficient s'écarte peu de 0,02 sur toutes les routes en bon état. Il s'élève quelquefois jusqu'à 0,04 dans la saison des grandes pluies, et c'est seulement en cas de dégel qu'il augmente subitement, jusqu'à 0,08 et au delà. Mais c'est là un inconvénient exceptionnel, et qui d'ailleurs n'a de remède que dans l'emploi des bandes de pavage, de dallage ou de ciment.

La question des neiges et verglas paraît être moins grave qu'on ne l'avait cru d'abord. Pendant l'hiver dernier, on a marché à des vitesses de 20 à 25 kilomètres par heure en employant des crampons mobiles de petite dimension. Des expériences plus complètes seront faites l'hiver prochain.

Je dois maintenant décrire les vingt-cinq voitures actuellement construites, ou du moins les vingt-deux voitures qui présentent le plus d'intérêt. Pour rendre la description plus claire, je les diviserai en six classes, et je ramènerai toutes celles comprises dans la même classe à un type unique que je supposerai pourvu de tous les perfectionnements consacrés par l'expérience.

Les six types de voitures à vapeur sont les suivants :

		Nombre d'exemplaires existant.
Remorqueurs	Grand modèle pour marchandises. . .	1
	Moyen modèle pour trains mixtes . . .	2
	Petit modèle pour trains mixtes	3
Diligences	Grand modèle.	6
	Moyen modèle.	1
	Petit modèle (dites Mancelles)	9

1. — Un remorqueur grand modèle pèse en pleine charge 29 tonnes, y compris le tender dont les deux roues sont motrices et identiques aux roues d'arrière de la voiture à vapeur. Il y a donc en tout six roues dont

quatre sont motrices. Ces dernières ont actuellement 0m,30 de largeur et 1m,65 de diamètre ; mais nous nous proposons de porter la largeur au moins à 0m,40 et le diamètre à 2m,40 ; de cette façon les matériaux qui composent l'empierrement des routes ne seront pas écrasés, mais seulement cylindrés. Il y a trois transmissions différentes, les vitesses correspondantes étant entre elles comme 1, 2 et 4. Nous nous proposons de construire désormais deux transmissions seulement, et de passer de l'une à l'autre pendant la marche, comme nous le faisons dans nos autres voitures moins grandes. Pour les remorqueurs de ce type, il est probable que nous donnerons la préférence aux chaudières à tubes de fumée horizontaux, avec 50 mètres carrés de surface de chauffe.

Deux voitures de ce type ont été construites au Mans : la Marie-Anne et l'Élisabeth ; mais cette dernière a été transformée et appartient maintenant au second type.

Les tableaux qui suivent indiquent tous les principaux éléments des services qu'on peut organiser avec les remorqueurs grand modèle.

Emploi des remorqueurs grand modèle pour marchandises.

		10 CHARIOTS.	6 CHARIOTS.
Capacité des trains.....	Marchandises.....	80,000 kilogrammes.	48,000 kilogrammes.

	DÉSIGNATION.	10 CHARIOTS.		6 CHARIOTS.	
		DEMI-CHARGE.	COMPLET.	DEMI-CHARGE.	COMPLET.
Calcul du poids des trains.....	Remorqueur grand modèle.....	27.000	29.000	27.000	29.000
	Chariots de 3000 kilogrammes.....	30.000	30.000	18.000	18.000
	Marchandises.....	40.000	80.000	24.000	48.000
	Poids total du train.....	97.000	139.000	69.000	95.000

(Surface de chauffe 50^{m2}).		AVEC 10 CHARIOTS.				AVEC 6 CHARIOTS.			
		DEMI-CHARGE.		CHARGE COMPLÈTE.		DEMI-CHARGE.		CHARGE COMPLÈTE	
	DÉCLIVITÉS.	Coeff. 0,02	Coeff. 0,04	Coeff. 0,02	Coeff. 0,04	Coeff. 0,02	Coeff. 0,04	Coeff. 0,02	Coeff. 0,04
Tableau des vitesses maxima, la force développée étant 75 chevaux pour toutes les vitesses inférieures à 15 kilomètres par heure.	Pentes.....	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15 000	15.000
	Palier.....	10.438	5.219	7.284	3.642	14.674	7.337	10.657	5.328
	R = 0,01	6.959	4.175	4.856	2.912	9.783	5.869	7.105	4.263
	0,02	5.219	3.479	3.642	2.428	7.337	4.891	5.328	3.552
	0,03	4.175	2.982	2.912	»	5.869	4.192	4.263	3.045
	0,04	3.479	2.609	2.428	»	4.891	3.668	3.552	2.664
	0,05	2.982	2.320	»	»	4.192	3.261	3.045	2.368
	0,06	2.609	»	»	»	3.668	2.934	2.664	»
	0,07	2.320	»	»	»	3.261	2.668	2.368	»
	0,08	»	»	»	»	2.934	»	»	»
	0,09	»	»	»	»	2.668	»	»	»
Rampe correspondant au coefficient d'adhérence 0,35.		0,069	0,049	0,040	0,020	0,091	0,071	0,066	0,046

Dépenses et recettes pour un service.

Dépenses de premier établissement.

Remorqueur grand modèle.	48,000 fr.
32 chariots suspendus, à 2,500 francs.	80,000
Divers, imprévus et frais généraux.	22,000
Dépense totale.	150,000

Dépenses annuelles.

Intérêts de 150,000 francs à 5 pour 100.	7,500 fr.
Amortissement du matériel, 130,000 fr. à 6 pour 100. .	7,800
Entretien annuel du matériel, 130,000 fr. à 8 pour 100.	10,400
Un mécanicien, un chauffeur, un serre-frein.	4,900
Charbon, 15,000 kilomètres × 25 kilogr. × 0 fr. 03. .	11,250
Graissage, éclairage.	1,250
Frais généraux, divers et imprévus.	1,900
Dépense totale annuelle.	45,000 fr.

Recettes annuelles.

15,000 kilom. × 35 tonnes de marchandises × 0 fr. 12 par tonne et par kilomètre.	63,000 fr.

Ces chiffres indiquent quel doit être l'usage des remorqueurs grand modèle; ils sont surtout propres à la traction des marchandises, par grandes masses, à bas tarifs. Du reste, il y a des cas où le tarif peut s'abaisser au-dessous de 0 fr. 12. Si par exemple on a une route sur laquelle les trains chargés ne gravissent que des rampes maxima de 0,04 et si en outre on peut compléter le chargement de tous les trains, sauf celui des trains de retour, on peut, avec la même dépense que ci-dessus, abaisser le tarif à 0 fr. 07, la recette étant :

$$20{,}000 \text{ kilom.} \times 45 \text{ tonnes} \times 0 \text{ fr. } 07 = 63{,}000 \text{ fr.}$$

Supposons encore qu'on veuille porter remède à l'encombrement d'une grande ligne de chemin de fer et admettons qu'on puisse compléter tous les trains, dans les deux sens, alors le prix de revient de chaque tonne kilométrique transportée serait en raison de la plus forte

rampe de la route à parcourir ; il serait 0 fr. 05 pour des rampes de 0m,05 ; 0 fr. 035 pour des rampes de 0m,03, et 0f,02 pour des rampes de 0m,01. Ces tarifs sont d'autant plus avantageux que souvent, entre deux villes données, la route est plus courte que le chemin de fer.

Comme dernier exemple des applications des remorqueurs grand modèle, disons qu'on peut organiser sur les routes de l'Algérie des transports militaires d'après le programme ci-après :

Poids total maximum d'un train, voiture à vapeur comprise, 100 tonnes.

Poids net transporté, en hommes ou en munitions : 40 tonnes.

Parcours maximum sans prendre ni eau, ni charbon : 100 kilomètres.

Vitesse maxima en palier, par heure : 10 kilomètres.

Id. en pente, id. 20 id.

Rampe maxima, sans dédoubler le train : 0,06.

Id. en dédoublant id. 0,10.

Rayon minimum des courbes, 4 à 5 mètres.

Valeur approximative d'un train complet, machine comprise, en France : 75,000 fr.

II. — Les remorqueurs moyen modèle ressemblent beaucoup aux remorqueurs grand modèle dont on supprimerait le tender. Les chaudières seront probablement du système Field ; les deux systèmes sont d'ailleurs expérimentés en ce moment. Comme ces voitures ont une assez grande puissance en égard à leur poids, il arrivera souvent qu'on leur fera remorquer des trains mixtes, c'est-à-dire portant à la fois des voyageurs et des marchandises. Dans ce cas, pour que la poussière ne gêne pas les voyageurs, on doit limiter la vitesse à 16 kilomètres par heure, la vitesse de 20 kilomètres pouvant être admise seulement dans les cas où il n'y a pas de poussière à redouter.

Voici les tableaux, pages 17 et 20, indiquant les éléments des services qu'on peut faire avec ces voitures.

Emploi des remorqueurs moyen modèle pour les trains mixtes.

		AVEC 7 VOITURES.	AVEC 4 VOITURES.
Capacité des trains.....	Voyageurs.....	100	68
	Dépêches, bagages et messageries...	6,000 kilogrammes.	3,000 kilogrammes.
	Marchandises.....	18,000 kilogrammes.	9,000 kilogrammes.

	DÉSIGNATION.	AVEC 7 VOITURES.		AVEC 4 VOITURES.	
		DEMI-CHARGE.	COMPLET.	DEMI-CHARGE.	COMPLET.
Calcul du poids des trains.....	Remorqueur moyen modèle.....	17.000	19.000	17.000	19.000
	Voitures à 32 places, pesant 2000 kil.	6.000	6.000	4.000	4.000
	Voyageurs pesant 70 kilogrammes...	3.500	7.000	2.350	4.700
	Chariots pesant 2500 kilogrammes...	10.000	10.000	5.000	5.000
	Bagages et messageries.....	3.000	6.000	1.500	3.000
	Marchandises.....	9.000	18.000	4.500	9.000
	Poids total du train.....	48.500	66.000	34.350	44.700

(Surface de chauffe 40m²).

DÉCLIVITÉS.	AVEC 7 VOITURES.				AVEC 4 VOITURES.			
	DEMI-CHARGE.		CHARGE COMPLÈTE.		DEMI-CHARGE.		CHARGE COMPLÈTE.	
	Coeff. 0,02	Coeff. 0,04	Coeff. 0,02	Coeff. 0,04	Coeff. 0,02	Coeff. 0,04	Coeff. 0,02	Coeff. 0,04
Pentes.....	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000
Palier.....	20.000	10.437	15.341	7.671	20.000	14.735	20.000	11.325
R = 0,01	13.920	8.350	10.227	6.139	19.650	11.790	15.100	9.060
0,02	10.437	6.960	7.671	5.113	14.735	9.825	11.325	7.550
0,03	8.350	5.964	6.136	4.383	11.790	8.421	9.060	6.471
0,04	6.960	5.218	5.113	»	9.825	7.367	7.550	5.662
0,05	5.964	4.640	4.383	»	8.421	6.550	6.471	5.033
0,06	5.218	»	»	»	7.367	5.895	5.662	4.530
0,07	4.640	»	»	»	6.550	5.359	5.033	»
0,08	»	»	»	»	5.895	4.912	4.530	»
0,09	»	»	»	»	5.359	»	»	»
0,10	»	»	»	»	4.912	»	»	»
Rampe correspondant au coefficient d'adhérence 0,35.	0,067	0,047	0,049	0,029	0,102	0,082	0,082	0,062

Tableau des vitesses maxima, la force développée étant 75 chevaux pour toutes les vitesses inférieures à 20 kilomètres par heure.

Dépenses et recettes pour un service.

Dépenses de premier établissement.

Remorqueur moyen modèle.	38,000 fr.
Seconde voiture semblable.	38,000
4 voitures à voyageurs, à 32 places.	14,000
2 fourgons.	6,000
14 chariots.	28,000
Divers, imprévus et frais généraux.	26,000
Dépense totale.	150,000 fr.

Dépenses annuelles.

Intérêts de 150,000 fr. à 5 pour 100..	7,500 fr.
Amortissement du matériel, 130,000 fr. à 6 pour 100. .	7,800
Entretien annuel du matériel, 130,000 fr. à 10 pour 100.	13,000
2 mécaniciens, 2 chauffeurs.	7,800
Charbon, 40,000 kilomètres × 16 kilogr. × 0 fr. 03. .	19,200
Graissage, éclairage, chauffage.	3,000
Impôts, frais généraux, divers et imprévus.	6,700
Dépense totale annuelle.	65,000 fr.

Recettes annuelles.

(Tout le matériel étant à moitié chargé.)

40,000 kilomètres × 40 voyageurs × 0 fr. 04.	64,000 fr.
Bagages, messageries et poste, 25 pour 100 du précédent.	16,000
Marchandises, 40,000 kilom. × 7,000 kilogr. × 0 fr. 15.	42,000
Recette totale annuelle.	122,000 fr.

III. — Les remorqueurs petit modèle ont la moitié de la force des remorqueurs moyen modèle : les roues motrices ont $0^m,30$ de largeur et $1^m,65$ de diamètre ; les chaudières peuvent être horizontales ou à tubes Field.

Ces voitures sont employées pour trains mixtes dans les cas où les routes et ponts présentent peu de solidité, on les adopte aussi quand le trafic est peu considérable. Elles se prêtent moins bien aux bas tarifs que les remorqueurs moyen modèle, mais elles ont l'avantage d'être

faciles à entretenir, et pour les premières applications de notre système, elles sont très appréciées, surtout à l'étranger.

Voici les chiffres qui se rapportent à ces voitures :

Emploi des remorqueurs petit modèle pour trains mixtes.

Capacité...	Voyageurs	34
	Dépêches, bagages, messageries et marchandises.	12,000 kilogrammes.

DÉSIGNATION.	DEMI-CHARGE.	COMPLET.
Remorqueur petit modèle	9.000	10.000
1 voiture à voyageurs à 32 places	2.000	2.000
2 fourgons ou chariots à marchandises	4.000	4.000
Voyageurs	1.200	2.400
Bagages, messageries et marchandises	6.000	12.000
Poids total du train	22.200	30.400

		DEMI-CHARGE.		CHARGE COMPLÈTE.	
	DÉCLIVITÉS.	Coeff. 0,02	Coeff. 0,04	Coeff. 0,02	Coeff. 0,04
	Pentes....	20.000	20.000	20.000	20.000
	Paliers...	20.000	12.050	17.763	8.881
Tableau des vitesses maxima, la force développée étant 40 chevaux pour toutes les vitesses inférieures à 20 kilomètres par heure	R = 0,01	16.067	9.640	11.842	7.104
	0,02	12.050	8.033	8.881	5.921
	0,03	9.640	6.885	7.104	5.075
	0,04	8.033	6.025	5.921	4.440
	0,05	6.885	5.356	5.075	»
	0,06	6.025	4.820	4.440	»
	0,07	5.356	»	»	»
	0,08	4.820	»	»	»
Rampe correspondant au coefficient d'adhérence 0,36		0,0745	0,0545	0,053	0,033

Dépenses et recettes pour un service mixte.

Dépenses de premier établissement.

Remorqueur petit modèle	25,000 fr.
Seconde voiture semblable	25,000
3 voitures à voyageurs, à 32 places	10,500
8 fourgons ou chariots pour 6,000 kilogrammes	10,000
Frais généraux, divers et imprévus	10,500
Dépense totale	95,000 fr.

Dépenses annuelles.

Intérêts de 95,000 fr. à 5 pour 100.	4,750 fr.
Amortissement du matériel, 85,000 fr. à 6 pour 100. .	5,100
Entretien annuel du matériel, 85,000 fr. à 10 pour 100.	8,500
2 mécaniciens, 2 chauffeurs.	7,800
Charbon, 40,000 kilom. × 8 kilogr. × 0 fr. 03.	9,600
Graissage, éclairage, chauffage.	2,000
Impôts, frais généraux, divers et imprévus.	4,250
Dépense totale annuelle.	42,000 fr.

Recettes annuelles.

40,000 kilom. × 17 voyageurs × 0 fr. 04.	27,200 fr.
Bagages, messageries et poste, 25 pour 100 du précédent.	6,800
Marchandises, 40,000 kilom. × 4,500 kilogr. × 0 fr. 15.	27,000
Recette totale annuelle.	61,000 fr.

IV, V et VI. — Les trois derniers types comprennent les voitures à marche rapide pour le transport spécial des voyageurs. Les nombres de places offertes sont respectivement 40, 20 et 10. De plus, le service des postes, des bagages et des messageries grande vitesse y est joint à celui des voyageurs. Le grand modèle a un fourgon remorqué qui contient en outre le réservoir d'eau ; les deux autres portent tout dans un véhicule unique. Mais en outre chacun des trois peut facultativement remorquer un omnibus avec ou sans bagages qui en double à quelque chose près la capacité, si bien qu'au total les nombres de places offertes peuvent être dans les jours d'affluence 72, 40 et 20. Les plus grandes vitesses de marche observées ont été respectivement 30, 35 et 40 kilomètres par heure ; à ce point de vue, l'avantage est donc aux petits modèles.

Voici d'ailleurs quelles sont les conditions de marche des diligences des trois types :

Diligences grand modèle.

Emploi des diligences grand modèle pour trains express.

Capacité... { Voyageurs..... 40
Poste, bagages et messageries..... 2,000 kilogrammes.

DÉSIGNATION.		DEMI-CHARGE.	COMPLET.
Poids.....	Diligence et approvisionnements.....	10.000	10.500
	Voyageurs.....	1.400	2.800
	Bagages et messageries.....	1.000	2.000
	Fourgon et approvisionnements.....	3.100	4.000
	Poids total.....	15.500	19.300

Poids total maximum par voyageur $\frac{19.300}{40} = 482^{k}$.

	DÉCLIVITÉS	DEMI-CHARGE. Coeff. 0,02	DEMI-CHARGE. Coeff. 0,04	CHARGE COMPLÈTE. Coeff. 0,02	CHARGE COMPLÈTE. Coeff. 0,04
	Pentes....	30.000	30.000	30.000	30.000
	Palier....	30.000	21.774	30.000	17.500
	R = 0,01	29.032	17.419	23.333	14.000
Tableau des vitesses maxima, la force developpée étant 50 chevaux pour toutes les vitesses inférieures à 30 kilomètres par heure.....	0,02	21.774	14.516	17.500	11.667
	0,03	17.419	12.442	14.000	10.000
	0,04	14.516	10.887	11.667	8.750
	0,05	12.442	9.677	10.000	7.777
	0,06	10.887	8.710	8.750	7.000
	0,07	9.677	7.918	7.777	6.363
	0,08	8.710	7.258	7.000	5.833
	0,09	7.918	6.700	6.363	5.383
	0,10	7.258	6.221	5.833	5.000
Rampe correspondant au coefficient d'adhérence 0,35		0,151	0,131	0,14	0,12

Dépenses de premier établissement.

Diligence grand modèle, fourgon compris.....	45,000 fr.
2 autres semblables.....	90,000
Frais généraux, divers, imprévus.....	15,000
Dépense totale.....	150,000 fr.

Dépenses annuelles.

Intérêts de 150,000 fr. à 5 pour 100.	7,500 fr.
Amortissement de 140,000 fr. à 6 pour 100.	8,400
Entretien du matériel, 140,000 fr. à 10 pour 100. . . .	14,000
3 mécaniciens et 3 chauffeurs.	11,700
Charbon, 75,000 kilom. × 8 kilogr. × 0 fr. 03.	18,000
Graissage, éclairage, chauffage.	4,000
Impôts, frais généraux, divers, imprévus.	6,400
Dépense totale annuelle.	70,000 fr.

Recettes annuelles.

Voyageurs, 75,000 kilom. × 20 × 0 fr. 08.	120,000 fr.
Bagages, messageries, poste, 20 pour 100 du précédent.	24,000
Recette totale annuelle.	144,000 fr.

Dépense par place kilométrique offerte : $\frac{70{,}000 \text{ fr.}}{75{,}000 \times 40} = 0 \text{ fr. } 0233.$

Emploi des diligences grand modèle pour services omnibus.

Capacité...	Voyageurs.	72
	Dépêches, bagages et messageries.	2,000 kilogrammes.

DÉSIGNATION.		DEMI-CHARGE.	COMPLET.
Poids.	Diligence et approvisionnements.	10.000	10.500
	Voyageurs.	2.500	5.000
	Dépêches, bagages et messageries. . . .	1.000	2.000
	Voiture remorquée à 32 places.	2.000	2.000
	Fourgon et approvisionnements.	3.100	4.000
	Poids total.	18.600	23.500

Poids total maximum par voyageur $\frac{23.500}{72} = 326.$

Tableau des vitesses maxima, la force développée étant 50 chevaux pour toutes les vitesses inférieures à 30 kilomètres par heure.....

DÉCLIVITÉS	DEMI-CHARGE.		CHARGE COMPLÈTE.	
	Coeff. 0,02	Coeff. 0,04	Coeff. 0,02	Coeff. 0,04
Pentes.....	30.000	30.000	30.000	30.000
Palier.....	30.000	18.145	28.723	14.361
R = 0,01	24.194	14.516	19.149	11.489
0,02	18.145	12.097	14.361	9.574
0,03	14.516	10.390	11.489	8.207
0,04	12.097	9.072	9.574	7.180
0,05	10.390	8.065	8.207	6.383
0,06	9.072	7.258	7.180	5.745
0,07	8.065	6.598	6.383	5.222
0,08	7.258	6.048	5.745	4.787
0,09	6.598	5.583	5.222	4.419
0,10	6.048	5.185	4.787	4.103
Rampe correspondant au coefficient d'adhérence 0,35	0,123	0,103	0,112	0,092

Dépenses de premier établissement.

Diligence grand modèle.	45,000 fr.
2 autres semblables.	90,000
3 voitures à voyageurs, à 32 places.	10,500
Frais généraux, divers et imprévus.	19,500
Dépense totale.	165,000 fr.

Dépenses annuelles.

Intérêts de 165,000 fr. à 5 pour 100.	8,250 fr.
Amortissement du matériel, 150,000 fr. à 6 pour 100. .	9,000
Entretien du matériel, 150,000 fr. à 10 pour 100. . . .	15,000
3 mécaniciens, 3 chauffeurs.	11,700
Charbon, 60,000 kilom. × 10 kilogr. × 0 fr. 03. . .	18,000
Graissage, éclairage, chauffage.	4,000
Impôts, frais généraux, divers, imprévus.	9,050
Dépense totale annuelle.	75,000 fr.

Recettes annuelles.

Voyageurs, 60,000 kilom. × 36 × 0 fr. 06.	129,600 fr.
Bagages, messageries, poste, 20 pour 100 du précédent.	25.920
Recette totale annuelle.	155,520 fr.

Dépense par place kilométrique offerte :

$$\frac{75{,}000 \text{ fr.}}{60{,}000 \times 72} = 0 \text{ fr. } 0173.$$

Emploi des diligences moyen modèle pour services express.

Capacité...	Voyageurs	20
	Bagages et messageries	500 kilogrammes.

DÉSIGNATION.		DEMI-CHARGE.	COMPLET.
Poids.....	Diligence et approvisionnements.....	5,800	6.100
	Bagages et messageries.....	300	500
	Voyageurs.....	700	1.400
	Poids total.....	6,800	8.000

Poids total maximum par voyageur $\frac{8.000}{20} = 400.$

	DÉCLIVITÉS	DEMI-CHARGE. Coeff. 0,02	DEMI-CHARGE. Coeff. 0,04	CHARGE COMPLÈTE. Coeff. 0,02	CHARGE COMPLÈTE. Coeff. 0,04
	Pentes...	30.000	30.000	30.000	30.000
	Palier....	30.000	25.000	30.000	21.093
	R = 0,01	30.000	20.000	28.146	16.875
Tableau des vitesses maxima, la force développée étant 25 chevaux pour toutes les vitesses inférieures à 30 kilomètres par heure.....	0,02	25.000	16.667	21.093	14.073
	0,03	20.000	14.285	16 875	12.053
	0,04	16.667	12.500	14.073	10.546
	0,05	14.285	11.111	12.063	9.382
	0,06	12.500	10.000	10.546	8.437
	0,07	11.111	9.090	9.382	7.670
	0,08	10.000	8.333	8.437	7.036
	0,09	9.090	7.692	7.670	6.490
	0,10	8.333	7.142	7.036	6.026
Rampe correspondant au coefficient d'adhérence 0,35		0,217	0,197	0,212	0,192

Dépenses de premier établissement.

Diligence, moyen modèle.	30,000 fr.
2 autres semblables.	60,000
Divers, imprévus et frais généraux.	10,000
Dépense totale.	100,000 fr.

Dépenses annuelles.

Intérêts de 100,000 fr. à 5 pour 100.	5,000 fr.
Amortissement de 95,000 fr. à 6 pour 100.	5,700
Entretien annuel du matériel, 95,000 fr. à 10 pour 100.	9,500
3 mécaniciens, 3 chauffeurs.	11,700
Charbon, 75,000 kilom. × 3 kilogr. × 0 fr. 03.	6,750
Graissage, éclairage, chauffage.	3,000
Impôts, frais généraux, divers, imprévus	6,350
Dépense totale annuelle.	48,000 fr.

Recettes annuelles.

Voyageurs, 75,000 kilom. × 10 × 0 fr. 0 fr. 08.	60,000 fr.
Bagages, messageries, poste, 20 pour 100 du précédent.	12,000
Recette totale annuelle.	72,000 fr.

Dépense par place kilométrique offerte :

$$\frac{48{,}000 \text{ fr.}}{75{,}000 \times 20} = 0 \text{ fr. } 0320.$$

Emploi des diligences moyen modèle pour services omnibus.

Capacité des trains.	Voyageurs.	40
	Bagages et messageries.	1,000 kilogrammes.

DÉSIGNATION.		DEMI-CHARGE.	COMPLET.
Poids.	Diligence et approvisionnements. . . .	5.800	6.100
	Voiture remorquée.	1.800	1.800
	Voyageurs.	1.400	2.800
	Bagages et messageries.	500	1.000
	Poids total.	9.500	11.700

Poids total maximum par voyageur $\frac{11.700}{40} = 292.$

	DÉCLIVITÉS	DEMI-CHARGE. Coeff. 0,02	DEMI-CHARGE. Coeff. 0,04	CHARGE COMPLÈTE. Coeff. 0,02	CHARGE COMPLÈTE. Coeff. 0,04
	Pentes. . . .	30.000	30.000	30.000	30.000
	Palier. . . .	30.000	17.762	28.846	14.423
	R = 0,01	23 683	14.210	19.231	11.538
Tableau des vitesses maxima, la force développée étant 25 chevaux pour toutes les vitesses inférieures à 20 kilomètres par heure.	0,02	17.762	11.841	14.423	9.615
	0,03	14.210	10.150	11.538	8.242
	0,04	11.841	8.881	9.615	7.212
	0,05	10.150	7.894	8.242	6.410
	0,06	8.881	7.105	7.212	5.769
	0,07	7.894	6.459	6.410	5.244
	0,08	7.105	5.920	5.769	4.807
	0,09	6.459	5.465	5.244	4.438
	0,10	5.920	5.075	4.807	4.141
Rampe correspondant au coefficient d'adhérence 0,35		0,149	0,129	0,14	0,12

Dépenses de premier établissement.

Diligence, moyen modèle.	30,000 fr.
2 autres semblables.	60,000
3 voitures à voyageurs, à 20 places..	9,000
Frais généraux, divers, imprévus.	11,000
Dépense totale.	110,000 fr.

Dépenses annuelles.

Intérêts de 110,000 fr. à 5 pour 100.	5,500 fr.
Amortissement de 105,000 fr. à 6 pour 100.	6,300
Entretien annuel, 105,000 fr. à 10 pour 100.	10,500
3 mécaniciens, 3 chauffeurs.	11,700
Charbon, 60,000 kilom. × 4 kilogr. × 0 fr. 03.	7,200
Graissage, éclairage, chauffage.	3,000
Impôts, frais généraux, divers et imprévus.	5,800
Dépense totale annuelle.	50,000 fr.

Recettes annuelles.

Voyageurs, 60,000 kilom. × 20 × 0 fr. 06.	72,000 fr.
Bagages, messageries, poste, 20 pour 100 du précédent.	14,400
Recette totale annuelle.	86,400 fr.

Dépense par place kilométrique offerte :

$$\frac{50{,}000 \text{ fr.}}{60{,}000 \times 40} = 0 \text{ fr. } 0208.$$

Emploi des diligences petit modèle dites Mancelles pour services express et omnibus.

		EXPRESS.	OMNIBUS.
Capacité.....	Voyageurs.....	10	20
	Bagages et messageries.....	250	500

	DÉSIGNATION.	EXPRESS.		OMNIBUS.	
		DEMI-CHARGE.	COMPLET.	DEMI-CHARGE.	COMPLET.
Poids.....	Mancelle et approvisionnements.....	3.200	3.500	3.200	3.500
	Omnibus remorqué.....	»	»	800	800
	Voyageurs.....	350	700	700	1.400
	Bagages et messageries.....	150	250	300	500
	Poids total.....	3.700	4.450	5.000	6.200

TABLEAU DES VITESSES.	DÉCLIVITÉS.	OMNIBUS.				EXPRESS.			
		DEMI-CHARGE.		CHARGE COMPLÈTE.		DEMI-CHARGE.		CHARGE COMPLÈTE.	
		Coeff. 0,02	Coeff. 0,04	Coeff. 0,02	Coeff. 0,04	Coeff. 0,02	Coeff. 0,04	Coeff. 0,02	Coeff. 0,04
	Pentes.....	35.000	35.000	35.000	35.000	35.000	35.000	35.000	35.000
	Palier.....	35.000	20.250	32.660	16.330	35.000	27.365	35.000	22.500
Poids total maximum par voyageur :	R = 0,01	27.000	16.200	21.773	13.064	35.000	21.892	30.000	18.000
	0,02	20.250	13.500	16.330	10.886	27.365	18.245	22.500	15.000
	0,03	16.200	11.571	13.064	9.331	21.892	15.637	18.000	12.859
Express $\frac{4450}{10} = 445$.	0,04	13.500	10 125	10.886	8.165	18.245	13.683	15.000	11 250
	0,05	11.571	9.000	9.331	7.258	15.637	12.163	12.859	10.000
	0,06	10.125	8.100	8.165	6.532	13.683	10.946	11.250	9.000
Omnibus $\frac{6200}{20} = 310$.	0,07	9.000	7.363	7.258	5.938	12.163	9.951	10.000	8.182
	0,08	8.100	6.750	6.532	5.443	10 946	9.122	9.000	7.500
	0,09	7.363	6.231	5.938	5.024	9.951	8.420	8.182	6.923
	0,10	6.750	5.785	5.443	4.665	9.122	7.818	7.500	6.430
Rampe correspondant au coefficient d'adhérence 0,35.		0,153	0,133	0,147	0,127	0,204	0,184	0,213	0,193

Dépenses et recettes pour un service omnibus

Dépenses de premier établissement.

Mancelle.	18,000 fr.
2 autres semblables.	36,000
3 voitures à voyageurs (10 places et bagages).	6,000
Frais généraux, divers et imprévus.	8,000
Dépense totale.	68,000 fr.

Dépenses annuelles.

Intérêts de 68,000 fr. à 5 pour 100.	3,400 fr.
Amortissement de 63,000 fr. à 6 pour 100.	3,780
Entretien annuel de 63,000 fr. à 10 pour 100.	6,300
3 mécaniciens, 3 chauffeurs.	11,700
Charbon, 66,000 kilom. $\times$ 2 kilogr. 5 $\times$ 0 fr. 03. . . .	4 950
Graissage, éclairage, chauffage.	2,000
Impôts, frais généraux, divers et imprévus.	3,870
Dépense totale annuelle.	36,000 fr.

Recettes annuelles.

Voyageurs, 66.000 kilom. $\times$ 10 $\times$ 0 fr. 06.	39,600 fr.
Bagages, messageries, poste, 20 pour 100 du précédent.	7,920
Recette totale annuelle.	47,520 fr.

Dépense par place kilométrique offerte :

Express. . . . . $\frac{34,500 \text{ fr.}}{84,000 \times 10} = 0 \text{ fr. } 0411.$

Omnibus. . . . $\frac{36,000 \text{ fr.}}{66,000 \times 20} = 0 \text{ fr. } 0272.$

Un septième type est en construction, on ne sait donc pas encore quels résultats il produira, mais nous présumons qu'il permettra d'atteindre des vitesses plus grandes encore, et peut-être de parcourir 200 kilomètres en une demi-journée. Le poids total de la voiture en pleine charge serait 1,500 kilogrammes; un seul homme la conduirait ; elle porterait seulement cinq voyageurs sans bagages et des dé-

pêches : on pourrait nommer les véhicules de ce type : voitures postales. Il est présumable que le prix de revient de la place kilométrique offerte, sans bagages, serait d'environ 0 fr. 03, peut-être seulement 0 fr. 025.

Mais revenons aux trois types nos IV, V et VI et enregistrons d'abord une difficulté dont la solution n'a pas encore été suffisamment obtenue. Elle se rapporte à la poussière que soulève sur les routes une marche plus rapide que celle des voitures traînées par les chevaux. Du temps où les diligences de grandes dimensions parcouraient nos routes nationales à raison de 15 à 16 kilomètres par heure, cette difficulté apparaissait déjà, surtout pour les voyageurs placés dans les compartiments nommés intérieur et rotonde. Mais la vitesse de nos voitures est beaucoup plus grande, et quand nous avons essayé d'y placer des voyageurs à un certain nombre de mètres en arrière du pilote, nous avons tout d'abord cru pouvoir conclure à une impossibilité absolue, car la gêne éprouvée par les voyageurs allait presque jusqu'à l'asphyxie. Nous avons alors été conduits à placer les voyageurs seulement à l'avant, dans une caisse assez courte précédée d'une plate-forme, et quand le nombre de places doit excéder 20, nous établissons une impériale d'égale capacité. Dans ces conditions, les voyageurs ont peu à souffrir de la poussière. Mais la difficulté reparaît tout entière pour l'omnibus remorqué qui fait partie des types, nos IV, V et VI. Il faudra sans doute qu'une prise d'air soit opérée à l'avant de la voiture à vapeur et que la caisse de l'omnibus soit ventilée. On réussira assurément, dût-on employer un ventilateur mécanique, mais je dois dire cependant que cela n'a pas encore été expérimenté.

Quoi qu'il en soit, trois modèles de différentes grandeurs ont été mis en usage pour les services de voyageurs. Au premier abord, il semble que le plus avantageux pour les lignes de quelque importance doive être sans contredit le plus grand, le moyen venant ensuite. A cet égard cependant, un fait important et inattendu s'est produit en faveur du petit modèle, et pour le comprendre examinons d'abord les chiffres contenus dans les tableaux ci-dessus.

D'abord le poids maximum (c'est-à-dire avec voyageurs, bagages et approvisionnements au complet), par place kilométrique offerte, est à peu près le même pour les trois types, puisque nous trouvons pour les services express (sans remorquage), les chiffres 482, 400 et 545 kilog., et pour les services omnibus (avec remorquage), les chiffres 326, 292

et 310 kilog., chiffres dont les différences proviennent principalement de la variation du poids des bagages afférent à chaque voyageur.

Si d'autre part on envisage la dépense par place kilométrique offerte, on trouve pour les services express les chiffres 0 fr. 0233, 0 fr. 0320 et 0 fr. 0411 ; pour les services omnibus, ces chiffres sont 0 fr. 0171, 0 fr. 0208 et 0 fr. 0272. L'avantage paraît donc être aux grands modèles; mais il faut remarquer que d'autres considérations viennent militer dans le sens contraire.

Ce qui attire surtout les voyageurs, ce qui en augmente le nombre, c'est la fréquence des départs. Or, à nombre égal de places offertes, le moyen modèle offre deux fois plus de départs (en nombre rond), que le grand, et le petit deux fois plus que le moyen : c'est là un avantage considérable. D'un autre côté, la question de vitesse a de l'importance, car c'est grâce à la vitesse que le voyageur trouve acceptables les tarifs élevés. Or, non seulement l'allure des diligences petit modèle est plus rapide, mais on comprend qu'une voiture qui s'arrête à première réquisition, pour laisser les voyageurs monter et descendre, en un point quelconque du trajet, soit exposée à des arrêts d'autant plus nombreux, et ralentisse par conséquent d'autant plus sa marche, qu'elle porte un plus grand nombre de voyageurs : deuxième raison pour que les petites voitures arrivent à destination plus vite que les grandes. Ce n'est pas tout: les petites voitures sont plus faciles à construire avec succès que les grandes, leurs réparations sont plus simples et peut-être plus rares, leurs accidents sont moins graves, leur vente plus facile à cause du moindre prix, leur passage sur les ponts peu solides et sur les chaussées médiocrement bonnes présentera de moindres difficultés ; leur service sera plus profitable aux régions intéressées et par suite plus favorisé par les administrations.

En résumé, l'écart entre les prix de la place kilométrique offerte dans les diligences des trois modèles, n'est pas assez grand pour que toutes les considérations qui précèdent n'y apportent pas une compensation suffisante. Cette conclusion nous paraît juste, même en France, où nous avons de très belles routes, à plus forte raison en Autriche, en Russie, en Allemagne, en Espagne et dans la plupart des autres pays étrangers.

Tel est notre matériel. Il me reste à dire ce que nous en avons fait.

D'importantes expériences démonstratives ont été faites tout d'abord

en France. Pendant l'Exposition universelle de 1878, une Mancelle à 8 places et un break de chasse à 14 places ont effectué de nombreuses promenades (environ 50) entre le Trocadéro et Sèvres. Plus tard, le 5 mai 1879, des expériences officielles ont été faites sur la route du Mans à Alençon en présence d'une commission d'ingénieurs nommés par le Ministre des travaux publics. Sur cette route où les côtes sont nombreuses et parfois très déclives, la vitesse effective, malgré les arrêts et ralentissements a été de 28 kilomètres par heure, ce qui suppose qu'à certains moments on marchait à 35 ou 40 kilomètres par heure. D'autres expériences officielles ont eu lieu le 25 octobre 1879 et jours suivants, dans les environs du Mans, avec une voiture du type remorqueur grand modèle (n° I), en présence d'une Commission nommée par le Ministre des travaux publics et d'une commission nommée par le Ministre de la guerre. Nous croyons savoir que les rapports de ces diverses commissions ont été extrêmement favorables. Nous étions donc puissamment encouragés à poursuivre notre œuvre, en faveur de laquelle une Société fondatrice étendant son action à toute l'Europe moins l'Angleterre était constituée dès le 21 août 1879.

Pendant ce temps, des expériences non moins intéressantes se faisaient en Autriche : d'abord à Vienne, puis dans quelques villes voisines, Klosterneuburg, Baden, Voeslau. L'accueil fait à notre voiture à vapeur par les autorités et par la population de ces villes a été chaleureux et a justifié l'initiative prise tout d'abord par M. le colonel Roskiewitz, promoteur de notre expédition en Autriche, et par MM. Ofenheim, Reichmann et Otto Trapp qui ont constitué une Société autrichienne, pour l'exploitation du nouveau système. Au cours des expériences, une savante brochure a été publiée à Vienne, sous les auspices du ministère de la guerre autrichien, par M. le capitaine Kaiser, et l'année suivante, des études ont été faites par un comité styrien ; les lignes de Gratz à Weiz et de Leibnitz à Radkersburg ont été reconnues favorables à une application prochaine, ainsi que plusieurs autres lignes de Styrie.

En Allemagne, l'affaire a pris d'importants développements. La compagnie Woehlert qui possède un grand établissement de construction de machines, et MM. Gebrueder Arons, banquiers à Berlin, ont constitué une Société spéciale, dite Strassen Dampfwagen Central Gesellschaft et déjà de nombreuses voitures à vapeur de notre système (seize au moins) sont construites. Les expériences qui ont eu lieu du mois d'août 1880 à la fin de la même année ont été faites avec une ampleur et une

publicité considérables, non seulement à Berlin, mais à Potzdam, à Eberswalde, à Dresde, à Ludwigslust, à Schwerin, à Breslau, à Hanovre, à Munich, à Cologne.

Bien plus, un service public a été inauguré le 11 août 1881 pour transporter à très grande vitesse les voyageurs qui circulent entre deux localités fréquentées par des baigneurs, nommées Heiligendamm et Doberen, et situées non loin de Rostock sur les rives de la mer Baltique (grand duché de Mecklembourg). Malgré l'insuffisance du nombre des places offertes, ce service a réalisé des recettes importantes et il a démontré une fois de plus combien les voyageurs affluent sur une ligne donnée, à partir du jour où on leur offre un moyen de transport agréable et rapide. Les tarifs étaient fort élevés : 1 mark, c'est-à-dire 1 fr. 24 environ pour 5 kilomètres et demi. Malgré cela les voitures étaient combles et l'année prochaine on devra offrir aux baigneurs un nombre de places beaucoup plus grand.

Un autre service beaucoup plus important a été inauguré le 14 août 1881 entre Richtenberg et Stralsund (Poméranie) sur une route de 21 kilomètres de longueur, au moyen de remorqueurs petit modèle conduisant des trains mixtes à la vitesse de 15 à 16 kilomètres par heure. Dans ces trains, les marchandises sont portées à des tarifs inférieurs à ceux du roulage, et quant aux voyageurs, ils trouvent que la vitesse est acceptable pourvu que le tarif soit modéré. Au total, ces trains ont du succès. Sauf pendant les premières semaines, leur marche a été régulière ; on pense qu'elle le sera toujours désormais, et les inquiétudes qu'on avait conçues pour la bonne conservation de la route ont disparu. Celle-ci s'est affermie en effet sous l'influence de nos voitures, elle est devenue unie et a éprouvé le même effet que si elle avait été journellement cylindrée à la vapeur. Quant aux côtes pavées, on les a partiellement sablées ; on renouvelle le sable chaque fois qu'une grande pluie l'emporte. En résumé, ce service fonctionne très bien.

Aussi d'autres services analogues à celui de Richtenberg sont-ils en en voie d'établissement non seulement sur la route de Barth à Stralsund, mais dans la province de Hanovre où ils paraissent devoir se développer sur une grande échelle. On s'occupe d'en d'établir pareillement en Autriche.

Nos voitures ont fait également leur apparition en Russie, dès le milieu de l'année 1880. Elles ont circulé à Saint-Pétersbourg et à Moscou.

L'Italie s'occupe aussi activement de leur installation. Dans les premiers mois de 1880, une Mancelle a parcouru tout le nord de l'Italie, en visitant les villes de la Lombardie, de la Vénétie et de la Romagne. M. le docteur Vidali, sous l'inspiration duquel ces expériences ont eu lieu, s'occupe maintenant d'installer deux services réguliers, aboutissant l'un et l'autre à la ville de Udine. Ces services seront faits avec des diligences grand modèle ; l'inauguration est annoncée pour la fin d'octobre 1881.

Ainsi, notre système se répand de plus en plus et bientôt il fonctionnera dans tous les principaux pays d'Europe. Dans l'Espagne, le Portugal, la Belgique, le Danemark, la Suède, la Norwège, des traités sont conclus. Mais revenons à la France, car je n'ai parlé que des expériences qui ont été faites en présence des commissions officielles.

Ces expériences étaient à peine terminées que la Marie-Anne, remorqueur grand modèle, partait pour accomplir un voyage de 800 kilomètres, du Mans à Ax-sur-Ariège. Ce voyage s'est heureusement fait, d'une seule traite. L'année suivante (mars 1880) une diligence grand modèle suivie de son fourgon faisait un voyage de 1,500 kilomètres, en passant par Paris ou plusieurs promenades ont été faites sur les avenues du quartier des Champs-Élysées. En outre, à l'arrivée comme au départ, toute la ville de Paris a été traversée diamétralement et sans encombre. Au mois d'août 1880, cette même diligence a fait un service public régulier pendant quinze jours entre Toulouse et Saint-Lys, sur une route de 25 kilomètres de longueur. Ce service s'est fait d'une manière très satisfaisante ; le trajet durait une heure et demie, quelquefois une heure un quart seulement. On aurait fini par le faire encore plus rapidement, mais on a dû s'arrêter en présence de l'épuisement complet du puits communal de Saint-Lys, d'où résultait la nécessité de faire le trajet aller et retour soit 50 kilomètres sans prendre d'eau, ce pourquoi le matériel n'était pas préparé. Il faut remarquer en outre qu'un service régulier et quotidien de voyageurs ne peut guère se faire sans une seule voiture de rechange, car il y a des jours d'arrêt et de nettoyage obligés. Toujours est-il que ce service de Toulouse à Saint-Lys est le premier par ordre de date, qui ait fonctionné en Europe.

Parmi les expériences les plus intéressantes faites en France dans ces derniers temps, il faut mentionner principalement celles de la voiture de M. Bollée père, qui appartient au type diligence moyen

modèle, sauf quelques différences d'aménagement. Dans une promenade où le poids total du véhicule ne dépassait pas 5,000 kilogrammes, un trajet de 100 kilomètres (de Tours au Mans), a été fait en 4 heures 5 minutes, arrêts compris, avec une consommation de 1 kilogramme et demi de charbon et 7 litres et demi d'eau par kilomètre. Ce résultat très remarquable au point de vue de l'économie d'eau et de charbon, ne réalise cependant pas tout à fait le maximum de nos espérances; nous pensons qu'on ferait mieux encore avec des roues motrices de plus grand diamètre et avec des cylindres pourvus d'enveloppes de vapeur.

Enfin, à l'heure où j'écris, une diligence grand modèle part de Berlin pour se rendre en Corse. Dans ce département où aucun chemin de fer ne fonctionne encore, nous avons conclu avec MM. Ferrucci et Bonfante un traité pour établir un réseau complet de services rapides portant les dépêches, les voyageurs, les bagages et les messageries. Il est probable que l'année 1882 ne s'achèvera pas sans que ce vaste projet soit en pleine voie de réalisation.

Pour apprécier, autant qu'on peut le faire par avance, le rôle qui appartiendra aux voitures à vapeur dans l'industrie générale des transports, il faut se baser sur l'examen des rapports qu'elles peuvent avoir avec le public, avec les services de chemins de fer et de navigation, et enfin avec les administrations centrales ou locales.

Considérés dans leurs rapports avec le public, les services de voitures à vapeur présentent les caractères suivants. Aux voyageurs ils offrent la vitesse, des tarifs généralement égaux à ceux des chemins de fer et même plus réduits dans les trains mixtes; ils offrent en outre des départs fréquents et sont capables de transporter, à un jour et à un moment donné, un nombre de personnes considérable. Ces qualités sont celles des chemins de fer eux-mêmes, dans une mesure un peu moindre pour la vitesse et la puissance du transport, égale pour les tarifs, plus grande pour la facilité des départs fréquents et l'adaptation exacte aux besoins locaux. Mais voici d'autres qualités peu connues dans le système des chemins de fer : c'est l'arrêt facultatif en tout point, d'où résulte que tout riverain est desservi, tout passant pareillement; puis le stationnement au centre des villes, la traverse diamétrale des lieux habités et le parcours des routes, d'où résulte que le temps perdu pour aller chercher les gares et y attendre le train est réduit au minimum, les voitures passant à proximité du plus grand

nombre possible d'habitations; enfin le service à voie libre, c'est-à-dire permettant d'effectuer les croisements partout, sans avoir besoin de prévoir d'avance ni le lieu ni l'heure de la rencontre des voitures entre elles : d'où résulte que le retard d'un train n'a rien de contagieux pour les autres et que des voitures personnelles ou facultatives peuvent circuler pêle-mêle avec les autres, quelles que soient les différences de vitesse. Ces qualités précieuses sont la conséquence de l'aptitude des voitures à vapeur à parcourir les routes telles qu'elles sont actuellement construites, avec toutes leurs courbes, avec leurs déclivités allant fréquemment jusqu'à 0,08 et au delà. Ce n'est pas tout, et il faut encore signaler l'aptitude des voitures à vapeur à sortir de la route principale pour pénétrer par les routes et chemins secondaires, soit jusqu'aux habitations peu éloignées, soit même, à titre d'exception ou périodiquement, jusqu'aux localités circonvoisines qui demandent à être desservies seulement à certains jours de fêtes ou de foires.

Pour ce qui concerne les marchandises, les tarifs seront beaucoup plus bas que ceux du roulage. Ils resteront en apparence supérieurs à ceux des chemins de fer; mais pour les courts trajets, cette apparence serait trompeuse, parce que les voitures à vapeur supprimeront les camionnages. Elles toucheront les points exacts de départ et d'arrivée ou du moins les chariots routiers toucheront ces points, traînés exceptionnellement par des chevaux. Cette qualité paraîtra décisive, et des traités déjà conclus avec de nombreux industriels le prouvent surabondamment.

D'ailleurs les chiffres donnés plus haut pour les remorqueurs grand modèle, montrent qu'on peut dans certains cas admettre des tarifs très réduits. Il sera désirable que ces tarifs soient surtout appliqués toutes les fois que la matière transportée procurera au pays desservi un bienfait notable, tel qu'une amélioration agricole, car c'est surtout pour l'abaissement des tarifs d'où dépend indirectement le progrès de la fortune publique, que les subventions de l'État ou des départements sont le plus justifiées.

Dans ses rapports avec les chemins de fer et les services de navigation, l'industrie des voitures à vapeur doit accepter franchement le rôle qui lui revient : celui de correspondant. Vouloir faire concurrence aux chemins de fer serait absurde et funeste, car on doit tout faire pour favoriser les chemins de fer existants et pour compléter leur réseau. Mais chercher à développer le trafic et à éclairer la ligne suivant laquelle

de nouveaux rails doivent être posés, c'est faire une œuvre rationnelle et utile. C'est ce qu'entreprendront sans doute les compagnies de voitures à vapeur. Il est évident en effet, que tous les services de correspondance qui se font actuellement par diligences, omnibus et roulage, se feraient mieux par voitures à vapeur. Mais en même temps qu'on installera des services de voitures à vapeur en correspondance avec les chemins de fer ou les bateaux à vapeur, on créera par cela même de nouveaux courants de trafic, dont il sera facile de jauger le débit, si bien que l'opportunité d'établir de nouvelles voies ferrées, et toutes les questions relatives à leur tracé, à leur classement, à leur rendement futur seront parfaitement éclaircies d'avance ; on évitera par là plus d'une erreur, plus d'un mécompte. Et chaque nouveau chemin de fer, qui aura dû sa justification et la démonstration de son utilité aux voitures à vapeur avant-courrières, leur devra plus tard l'accroissement de son trafic, car elles le féconderont en lui cédant la place sur la route maîtresse et en constituant de nouveaux affluents pour ses diverses gares. Tel doit être le rapport intime et harmonieux entre les voitures à vapeur, les chemins de fer et les services de navigation.

Enfin, les voitures à vapeur demanderont aux administrations la mise en bon état des routes, au triple point de vue de la solidité des ouvrages d'art, de la rectification des sections dont le tracé ou le profil sont défectueux, et de l'amélioration des chaussées trop minces, comme de celles composées de matériaux calcaires ou friables. Elles demanderont en outre des subventions, comme contre-partie des cahiers des charges stipulant de bas tarifs et toutes les autres clauses ordinaires.

En France, on aboutira probablement à la formation de réseaux départementaux dont plusieurs ont déjà été étudiés à fond. Ces études ont fait connaître que si on réserve au système des voies ferrées toutes les lignes sur lesquelles il est dès maintenant question d'en établir, il reste encore environ 500 kilomètres, par département, de routes importantes suivant lesquelles il faudrait établir des voitures à vapeur pour que toutes les directions principales fussent desservies, ce qui suppose environ pour 5 millions de matériel. Les conseils généraux classeraient les lignes de chaque réseau, les déclasseraient chaque fois que quelques-unes seraient annulées par l'inauguration de chemins de fer nouveaux et en ajouteraient de nouvelles chaque fois que les déclassements et les ressources budgétaires le permettraient. Il arriverait qu'en

fait tout notre réseau carrossable, qui s'élève à près de 40,000 kilomètres par département, serait fréquenté par des voitures à vapeur ou par leurs chariots, tantôt régulièrement, tantôt d'une manière accidentelle, suivant les besoins. Alors l'œuvre serait complète.

A l'étranger, les routes sont généralement moins nombreuses et moins bien construites qu'en France. C'est un désavantage pour les voitures à vapeur; mais il y a à cela une contre-partie. Car les réseaux de chemin de fer sont eux-mêmes moins complets, et beaucoup de villes, même importantes, n'ont entre elles aucune voie ferrée de jonction. Les voitures à vapeur auront donc des rôles plus importants à remplir et souvent de grands courants de trafic à recueillir. C'est ce qui justifiera la dépense supplémentaire afférente à l'amélioration ou même à la construction des routes. Il y a des pays immenses, principalement dans l'Amérique du Sud, où il serait facile de construire des routes, souvent à des altitudes extrêmement considérables et avec de fortes déclivités, pour en diminuer la longueur; sur les routes, dont tous matériaux existent, pour ainsi dire, sur place, on installerait facilement des services de voitures à vapeur qui abrégeraient dans une proportion énorme, la durée des voyages et le prix du transport des marchandises. Plus tard viendraient les chemins de fer, mais il y a des régions très étendues et riches, qu'on pourrait peut-être difficilement, si ce n'est au moyen des voitures à vapeur, faire participer dans un bref délai au grand mouvement commercial et intellectuel de notre époque.

Il y a aussi en Europe, et principalement en Espagne et en Russie, de grandes lacunes dans notre réseau de voies ferrées. C'est la raison de penser que les voitures à vapeur y trouveront d'utiles applications.

HYDRAULIQUE.

NOTE

SUR LA FORME LA PLUS CONVENABLE A DONNER AUX AUBES, DANS LES ROUES HYDRAULIQUES A AUBES COURBES, ET AUX COURBES DIRECTRICES, DANS LES TURBINES, ETC., ETC.;

PAR M. YVON VILLARCEAU.

Les équations différentielles de l'hydro-dynamique, ne se prêtent aux intégrations que dans deux cas particuliers, qui sont: 1° le cas des mouvements oscillatoires de faible amplitude; 2° le cas du mouvement des fluides par filets parallèles (nous n'avons pas à nous occuper du premier).

On voit qu'il est indispensable, pour pouvoir utiliser les déductions de la théorie, d'adopter, dans les appareils hydrauliques, des dispositions qui permettent le parallélisme des filets fluides; d'ailleurs, le défaut de parallélisme des filets, donne naissance à des remous, et par suite, à des pertes de travail.

Ayant eu récemment à m'occuper d'une question de cette nature, je consultai les ouvrages de nos professeurs et n'y trouvai rien de rationnel, au sujet du tracé des aubes courbes. Dès lors, je me posai cette question: Existe-t-il une courbe telle, qu'en la faisant tourner d'un angle donné, autour d'un point fixe pris dans son plan, l'espace compris entre les deux positions de la courbe, forme une bande d'une largeur constante dans toute son étendue? Mon intention n'est pas d'exposer ici le mode d'analyse qui m'a conduit à reconnaître l'existence et la nature de cette courbe; un tel exposé n'offrirait d'intérêt qu'à titre d'exercice de calcul intégral: je me propose seulement d'en faire connaître le résultat, et d'établir brièvement la théorie de la courbe dont

fait tout notre réseau carrossable, qui s'élève à près de 10,000 kilomètres par département, serait fréquenté par des voitures à vapeur ou par leurs chariots, tantôt régulièrement, tantôt d'une manière accidentelle, suivant les besoins. Alors l'œuvre serait complète.

A l'étranger, les routes sont généralement moins nombreuses et moins bien construites qu'en France. C'est un désavantage pour les voitures à vapeur; mais il y a à cela une contre-partie. Car les réseaux de chemin de fer sont eux-mêmes moins complets, et beaucoup de villes, même importantes, n'ont entre elles aucune voie ferrée de jonction. Les voitures à vapeur auront donc des rôles plus importants à remplir et souvent de grands courants de trafic à recueillir. C'est ce qui justifiera la dépense supplémentaire afférente à l'amélioration ou même à la construction des routes. Il y a des pays immenses, principalement dans l'Amérique du Sud, où il serait facile de construire des routes, souvent à des altitudes extrêmement considérables et avec de fortes déclivités, pour en diminuer la longueur; sur les routes, dont tous matériaux existent, pour ainsi dire, sur place, on installerait facilement des services de voitures à vapeur qui abrégeraient dans une proportion énorme, la durée des voyages et le prix du transport des marchandises. Plus tard viendraient les chemins de fer, mais il y a des régions très étendues et riches, qu'on pourrait peut-être difficilement, si ce n'est au moyen des voitures à vapeur, faire participer dans un bref délai au grand mouvement commercial et intellectuel de notre époque.

Il y a aussi en Europe, et principalement en Espagne et en Russie, de grandes lacunes dans notre réseau de voies ferrées. C'est la raison de penser que les voitures à vapeur y trouveront d'utiles applications.

HYDRAULIQUE.

NOTE

SUR LA FORME LA PLUS CONVENABLE A DONNER AUX AUBES, DANS LES ROUES HYDRAULIQUES A AUBES COURBES, ET AUX COURBES DIRECTRICES, DANS LES TURBINES, ETC., ETC.;

PAR M. YVON VILLARCEAU.

Les équations différentielles de l'hydro-dynamique, ne se prêtent aux intégrations que dans deux cas particuliers, qui sont: 1° le cas des mouvements oscillatoires de faible amplitude; 2° le cas du mouvement des fluides par filets parallèles (nous n'avons pas à nous occuper du premier).

On voit qu'il est indispensable, pour pouvoir utiliser les déductions de la théorie, d'adopter, dans les appareils hydrauliques, des dispositions qui permettent le parallélisme des filets fluides; d'ailleurs, le défaut de parallélisme des filets, donne naissance à des remous, et par suite, à des pertes de travail.

Ayant eu récemment à m'occuper d'une question de cette nature, je consultai les ouvrages de nos professeurs et n'y trouvai rien de rationnel, au sujet du tracé des aubes courbes. Dès lors, je me posai cette question : Existe-t-il une courbe telle, qu'en la faisant tourner d'un angle donné, autour d'un point fixe pris dans son plan, l'espace compris entre les deux positions de la courbe, forme une bande d'une largeur constante dans toute son étendue ? Mon intention n'est pas d'exposer ici le mode d'analyse qui m'a conduit à reconnaître l'existence et la nature de cette courbe; un tel exposé n'offrirait d'intérêt qu'à titre d'exercice de calcul intégral : je me propose seulement d'en faire connaître le résultat, et d'établir brièvement la théorie de la courbe dont

fait tout notre réseau carrossable, qui s'élève à près de 10,000 kilomètres par département, serait fréquenté par des voitures à vapeur ou par leurs chariots, tantôt régulièrement, tantôt d'une manière accidentelle, suivant les besoins. Alors l'œuvre serait complète.

A l'étranger, les routes sont généralement moins nombreuses et moins bien construites qu'en France. C'est un désavantage pour les voitures à vapeur; mais il y a à cela une contre-partie. Car les réseaux de chemin de fer sont eux-mêmes moins complets, et beaucoup de villes, même importantes, n'ont entre elles aucune voie ferrée de jonction. Les voitures à vapeur auront donc des rôles plus importants à remplir et souvent de grands courants de trafic à recueillir. C'est ce qui justifiera la dépense supplémentaire afférente à l'amélioration ou même à la construction des routes. Il y a des pays immenses, principalement dans l'Amérique du Sud, où il serait facile de construire des routes, souvent à des altitudes extrêmement considérables et avec de fortes déclivités, pour en diminuer la longueur; sur les routes, dont tous matériaux existent, pour ainsi dire, sur place, on installerait facilement des services de voitures à vapeur qui abrégeraient dans une proportion énorme, la durée des voyages et le prix du transport des marchandises. Plus tard viendraient les chemins de fer, mais il y a des régions très étendues et riches, qu'on pourrait peut-être difficilement, si ce n'est au moyen des voitures à vapeur, faire participer dans un bref délai au grand mouvement commercial et intellectuel de notre époque.

Il y a aussi en Europe, et principalement en Espagne et en Russie, de grandes lacunes dans notre réseau de voies ferrées. C'est la raison de penser que les voitures à vapeur y trouveront d'utiles applications.

HYDRAULIQUE.

NOTE

SUR LA FORME LA PLUS CONVENABLE A DONNER AUX AUBES, DANS LES ROUES HYDRAULIQUES A AUBES COURBES, ET AUX COURBES DIRECTRICES, DANS LES TURBINES, ETC., ETC.;

PAR M. YVON VILLARCEAU.

Les équations différentielles de l'hydro-dynamique, ne se prêtent aux intégrations que dans deux cas particuliers, qui sont: 1° le cas des mouvements oscillatoires de faible amplitude; 2° le cas du mouvement des fluides par filets parallèles (nous n'avons pas à nous occuper du premier).

On voit qu'il est indispensable, pour pouvoir utiliser les déductions de la théorie, d'adopter, dans les appareils hydrauliques, des dispositions qui permettent le parallélisme des filets fluides; d'ailleurs, le défaut de parallélisme des filets, donne naissance à des remous, et par suite, à des pertes de travail.

Ayant eu récemment à m'occuper d'une question de cette nature, je consultai les ouvrages de nos professeurs et n'y trouvai rien de rationnel, au sujet du tracé des aubes courbes. Dès lors, je me posai cette question: Existe-t-il une courbe telle, qu'en la faisant tourner d'un angle donné, autour d'un point fixe pris dans son plan, l'espace compris entre les deux positions de la courbe, forme une bande d'une largeur constante dans toute son étendue? Mon intention n'est pas d'exposer ici le mode d'analyse qui m'a conduit à reconnaître l'existence et la nature de cette courbe; un tel exposé n'offrirait d'intérêt qu'à titre d'exercice de calcul intégral: je me propose seulement d'en faire connaître le résultat, et d'établir brièvement la théorie de la courbe dont

fait tout notre réseau carrossable, qui s'élève à près de 10,000 kilomètres par département, serait fréquenté par des voitures à vapeur ou par leurs chariots, tantôt régulièrement, tantôt d'une manière accidentelle, suivant les besoins. Alors l'œuvre serait complète.

A l'étranger, les routes sont généralement moins nombreuses et moins bien construites qu'en France. C'est un désavantage pour les voitures à vapeur; mais il y a à cela une contre-partie. Car les réseaux de chemin de fer sont eux-mêmes moins complets, et beaucoup de villes, même importantes, n'ont entre elles aucune voie ferrée de jonction. Les voitures à vapeur auront donc des rôles plus importants à remplir et souvent de grands courants de trafic à recueillir. C'est ce qui justifiera la dépense supplémentaire afférente à l'amélioration ou même à la construction des routes. Il y a des pays immenses, principalement dans l'Amérique du Sud, où il serait facile de construire des routes, souvent à des altitudes extrêmement considérables et avec de fortes déclivités, pour en diminuer la longueur; sur les routes, dont tous matériaux existent, pour ainsi dire, sur place, on installerait facilement des services de voitures à vapeur qui abrégeraient dans une proportion énorme, la durée des voyages et le prix du transport des marchandises. Plus tard viendraient les chemins de fer, mais il y a des régions très étendues et riches, qu'on pourrait peut-être difficilement, si ce n'est au moyen des voitures à vapeur, faire participer dans un bref délai au grand mouvement commercial et intellectuel de notre époque.

Il y a aussi en Europe, et principalement en Espagne et en Russie, de grandes lacunes dans notre réseau de voies ferrées. C'est la raison de penser que les voitures à vapeur y trouveront d'utiles applications.

HYDRAULIQUE.

NOTE

SUR LA FORME LA PLUS CONVENABLE A DONNER AUX AUBES,
DANS LES ROUES HYDRAULIQUES A AUBES COURBES,
ET AUX COURBES DIRECTRICES, DANS LES TURBINES, ETC., ETC.;

PAR M. YVON VILLARCEAU.

Les équations différentielles de l'hydro-dynamique, ne se prêtent aux intégrations que dans deux cas particuliers, qui sont: 1° le cas des mouvements oscillatoires de faible amplitude; 2° le cas du mouvement des fluides par filets parallèles (nous n'avons pas à nous occuper du premier).

On voit qu'il est indispensable, pour pouvoir utiliser les déductions de la théorie, d'adopter, dans les appareils hydrauliques, des dispositions qui permettent le parallélisme des filets fluides; d'ailleurs, le défaut de parallélisme des filets, donne naissance à des remous, et par suite, à des pertes de travail.

Ayant eu récemment à m'occuper d'une question de cette nature, je consultai les ouvrages de nos professeurs et n'y trouvai rien de rationnel, au sujet du tracé des aubes courbes. Dès lors, je me posai cette question: Existe-t-il une courbe telle, qu'en la faisant tourner d'un angle donné, autour d'un point fixe pris dans son plan, l'espace compris entre les deux positions de la courbe, forme une bande d'une largeur constante dans toute son étendue? Mon intention n'est pas d'exposer ici le mode d'analyse qui m'a conduit à reconnaître l'existence et la nature de cette courbe; un tel exposé n'offrirait d'intérêt qu'à titre d'exercice de calcul intégral: je me propose seulement d'en faire connaître le résultat, et d'établir brièvement la théorie de la courbe dont

Je citerai, d'abord, Albert Durenne, le fils d'un de nos Collègues, le successeur-né de cette famille de constructeurs qui compte plus d'un demi-siècle dans l'art de travailler la tôle, et qui promettait de suivre les traditions de ses ancêtres, dans la spécialité qu'ils ont poursuivie avec tant de succès.

Travailleur ardent, c'est sur les chantiers qu'il a pris le germe de la maladie qui l'a emporté. Sorti de l'École centrale en 1877, il était entré dans l'atelier de son père, à Courbevoie; c'est là où il vient de mourir à l'âge de 28 ans.

Nous trouvons, ensuite, parmi ses contemporains, M. Bouvet, qui s'est beaucoup occupé de chauffage; M. CourneriE, directeur d'usine à gaz, puis d'une fabrique de produits chimiques à Cherbourg, et M. Penaud, ancien élève de l'École navale, qui a consacré une grande partie de son temps aux études de la navigation aérienne et de l'aviation.

Après eux :

M. Nabielack, ancien élève de l'École centrale, sorti en 1870, et qui fut associé de M. Malin, fabricant de chaudronnerie à Paris.

M. Chéron, également ancien élève de l'École centrale, qui, d'abord, s'était occupé des distributions d'eau, sous la direction de celui qui fut le maître d'un grand nombre d'entre nous, de M. Mary, et qui, en dernier lieu, était entré dans la Compagnie parisienne du gaz, en qualité de régisseur de l'usine de Passy.

M. Drost, élève des Écoles d'Arts et Métiers, s'était spécialement occupé des travaux mécaniques, et en particulier des charpentes métalliques.

M. Jeanson, ancien élève de l'École des mines de Paris, était entré, peu après sa sortie de l'École, dans les bureaux des travaux de la ville de Paris, où il s'occupait spécialement du cadastre, en qualité de géomètre.

M. Chateau, qui s'était occupé de la fabrication des produits chimiques.

M. Raveau, ancien élève de l'École des Arts et Métiers, qui fut, pendant une partie de sa vie, le collaborateur de Bourdaloue pour son grand travail du nivellement de la France.

Parmi les hommes de cet âge, une des pertes les plus sensibles que la Société ait faite, est celle de notre excellent collègue, M. Demimuid. L'éloge de son caractère et de son talent a été dans toutes les bouches, et son souvenir est resté gravé dans le cœur de tous ceux qui l'ont connu.

Devenu maître dans l'art qu'il avait embrassé, il s'y était préparé par de fortes études; successivement élève diplômé de l'École centrale, puis sorti élève de 1re classe de l'École des Beaux-Arts, il avait abordé la profession d'architecte avec toutes les connaissances indispensables pour y réussir, et il y avait réussi.

L'œuvre considérable à laquelle il avait consacré de longues études, et qui devait être la consécration de son mérite : « le projet de la reconstruction de l'École centrale, » était terminé, il en avait discuté l'ensemble et les détails, devant une commission nommée par le Ministre de l'agriculture

et du commerce, et il les avait fait accepter. Il n'attendait plus, pour mettre la main à l'œuvre, que l'approbation du projet de loi, sur l'École centrale, qui était en discussion devant les Chambres; son rêve allait être réalisé, lorsqu'il est mort subitement, dans son cabinet de travail, deux mois avant que cette loi fût votée. Il n'aura pas eu la consolation suprême, du travailleur, de voir son œuvre exécutée; mais, espérons-le, ceux qui seront chargés de son exécution y consacreront sa mémoire.

M. Picard (Firmin), ancien élève de l'École centrale, sorti en 1845, est connu de vous tous; il était un des gérants de cette association puissante : Vitali, Picard et C^ie^, qui a construit un grand nombre de lignes de chemins de fer en France et à l'étranger, et principalement en Italie.

Viennent ensuite :

M. Monnot, fabricant de sucre et cultivateur dans l'Aisne. M. Leneveu, qui a été longtemps ingénieur de la maison Voruz.

M. Pelouze, le fils de notre illustre chimiste, et lui-même chimiste distingué, administrateur de la Compagnie parisienne du gaz, très connu également par des études sur l'application de la chimie aux arts industriels.

Et puis, voici un groupe d'hommes, tous de même âge, tous à peu près contemporains à l'École centrale, dont la vie toute de labeur et de luttes a été brisée au moment où ils allaient être récompensés de leurs efforts; et d'abord : M. Piquet, sorti de l'École centrale en 1849, notre correspondant en Espagne, qui a fait toute sa carrière dans l'exploitation des mines et la métallurgie.

M. Fievet, sorti aussi de l'École centrale en 1849, d'abord attaché à la Compagnie d'Orléans, puis directeur des fonderies et laminoirs de Saint-Denis, et enfin ingénieur civil à Paris, où il s'occupait d'études et de travaux d'usines.

M. Vallez, ancien élève de l'École centrale, qui, après avoir longtemps travaillé avec MM. Thomas et Laurens, s'était établi architecte à Valenciennes.

M. Étienne, qui avait passé par tous les échelons de la carrière, d'abord apprenti, ouvrier ensuite, puis chef d'atelier; il n'a pas hésité, à l'âge de 27 ans, à se faire écolier pour entrer à l'École centrale, d'où il est sorti avec le diplôme d'ingénieur. Successivement attaché au chemin de fer du Midi, sous ma direction, ensuite ingénieur des services techniques au chemin de Séville à Cordoue, il était parti, il y a huit mois, pour le percement de l'isthme de Panama, où il a succombé.

Voici maintenant des hommes dans toute la force de l'âge, de l'expérience et du mérite :

M. Menier, qui fit d'abord ses études pratiques à l'École de pharmacie de Paris, pour prendre, ensuite, la direction de la maison de commerce de son père, et qui fut, certainement, l'un des plus heureux et des plus habiles industriels de notre époque.

M. Vaessen, ancien élève de l'Institut des Arts et Manufactures de Berlin, commença sa carrière dans les chemins de fer rhénans et la termina comme directeur de l'usine de Saint-Léonard, à Liège (Belgique).

M. Hamoir, qui avait commencé ses études techniques à l'École centrale, et était, ensuite, devenu l'habile gérant et administrateur des hauts fourneaux et forges de Maubeuge.

M. Meiner, qui, ayant aussi commencé ses études techniques à l'École centrale, avait passé toute sa vie dans les forges de la Franche-Comté, où il est mort maître de forges à l'Isle-sur-le-Doubs.

Enfin, M. Alby, ancien élève de l'École centrale, sorti en 1842, qui, après avoir été employé, pendant quelques années, dans les chemins de fer français, était retourné à Turin, son pays natal, où il occupa, jusqu'à sa mort, des fonctions importantes, dans l'administration des chemins de fer de l'État.

Par son mérite, sa modestie et l'excellence de son caractère, il s'était attiré l'affection et l'attachement de ceux qui l'entouraient. Il a succombé à l'âge de 67 ans, à la suite d'une longue maladie.

Vous voyez, Messieurs, combien ont été grandes les pertes que nous avons faites cette année; espérons qu'en 1882 nous serons moins éprouvés.

Je vais maintenant, Messieurs, résumer, le plus brièvement possible, les travaux de nos séances; mais ces travaux ont été si nombreux et si importants que, malgré mon désir d'être bref, je serai conduit à vous retenir plus longtemps que je ne voudrais. Le nombre de nos séances ordinaires a été de 21, chiffre réglementaire; mais à ce nombre il faut ajouter celui des séances-visites à l'Exposition d'électricité, qui a été de 13, en sorte que le nombre total de nos réunions a été, cette année, de 34. C'est un chiffre qui, je le crois, n'a pas encore été atteint, dans un même exercice.

Je vais, d'abord, m'occuper des séances ordinaires, je parlerai ensuite de l'Exposition d'électricité.

Les notes ou mémoires présentés et discutés, en séance, ont été au nombre de 36.

En les répartissant dans les quatre sections indiquées par notre règlement, nous trouvons, dans la première section : Travaux publics, constructions particulières,

Notes ou mémoires.	9
Dans la deuxième section : Mécanique et ses applications.	10
Dans la troisième section : Travaux géologiques, sondages, mines et métallurgie.	2
Dans la quatrième section : Physique et chimie industrielle.	10
Enfin dans les communications diverses.	5

Reprenons, dans cet ordre, chacune des sections.

M. Deharme, dans une note très substantielle, vous a entretenus du

chemin de fer d'Altorf à Lugano, où se trouve le tunnel du Saint-Gothard, et, sans revenir, à son sujet, sur des détails déjà donnés, il a principalement appelé votre attention sur le tracé des accès à ce tunnel, du côté de la Suisse et du côté de l'Italie; ce tracé est remarquable par la mise à exécution d'un profil avec souterrains hélicoïdaux, afin de racheter, sur un petit développement, une grande hauteur.

Aujourd'hui, la plupart de ces tunnels sont percés et leur exécution ne semble pas avoir entraîné des difficultés extraordinaires.

Reste la question d'exploitation qu'il sera très intéressant de suivre, et j'espère que quelqu'un, d'entre vous, voudra bien nous tenir au courant des différentes phases par lesquelles elle passera.

Mais, en attendant, je ne puis laisser sous silence que, depuis notre dernière réunion, la section du Saint-Gothard, entre Goeschenen et Airolo, a été ouverte à l'exploitation le 28 décembre dernier, et qu'ainsi se trouve complètement terminé, dans le délai de neuf ans (du 1er septembre 1872 au 28 novembre 1881), le travail de perforation souterraine le plus considérable de notre époque. Il fait honneur à tous les ingénieurs qui ont conçu et dirigé es travaux, et à l'entrepreneur, M. Fabre, qui les a exécutés, mais qui, malheureusement, est mort avant leur complet achèvement.

Parmi les ingénieurs, plusieurs d'entre eux sont membres de notre Société, et à leur tête marche le vétéran du professorat des sciences physiques et mécaniques, le vénérable M. *Colladon*. Ça doit être une grande joie, pour lui, de voir, heureusement terminée, l'œuvre gigantesque à l'exécution de laquelle il n'a cessé d'apporter sa collaboration et ses conseils.

M. *Hersent*, dans deux séances consécutives, vous a exposé les méthodes qu'il avait employées pour la fondation, au moyen de caissons métalliques, les murs de quai du port d'Anvers et des cales de radoub au port de Toulon. Il nous a montré qu'il maniait, aujourd'hui, aussi facilement un caisson de 1850 tonnes, qu'il y a vingt ans, au pont de Kehl, un caisson de 35 tonnes.

M. *Dallot*, remettant en discussion l'intéressante question des eaux d'égout de Paris, vous a, dans une note, résumé l'état où se trouve le problème à résoudre : celui d'enlever de la capitale, en les utilisant, les matières des fosses d'aisances et des égouts, qui sont encore pour elle des foyers d'infection.

Cette question si importante, pour la salubrité de Paris, a amené une discussion assez étendue, dans laquelle ont pris part : MM. Léon Thomas, de Cossigny, Trélat, et M. Alfred Durand-Claye, ingénieur des ponts et chaussées, qui, dans un mémoire très développé, nous a exposé le but poursuivi par l'administration municipale. Ce but consiste à conduire les eaux et les matières des fosses et des égouts sur des terrains incultes de la presqu'île de Saint-Germain, et au delà même, avant de les jeter, filtrées seulement, dans le lit de la Seine. M. Ronna n'a pas accepté cette solution, il a persisté à demander, comme il l'a fait il y a déjà longtemps, l'épuration et l'utilisation de ces eaux, en fertilisant une surface suffisante des terrains qui

avoisinent la capitale. C'est pour lui la seule manière d'obtenir une épuration efficace et complète, en même temps que productive.

Vous avez eu, ensuite, une communication très bien faite de M. *Douau*, sur les projets de construction de nouveaux ports à Marseille. Ceux de la Joliette, qui viennent à peine d'être terminés, paraissent au commerce devoir être insuffisants, dans un avenir peu éloigné; aussi des études sont-elles faites pour construire des bassins nouveaux à la baie des Catalans. L'administration supérieure a fait étudier, dans ce sens, un projet qui, partant du fort Saint-Jean, s'avance dans la mer, à peu près, normalement à la côte, tandis qu'un contre-projet, présenté par M. le colonel Deshorties, s'attache, au contraire, à suivre la côte et à s'en éloigner le moins possible. Ces deux projets ont été examinés ici, et, dans une discussion qui a duré une séance entière, à laquelle ont pris part MM. Douau, Marché, Hauet, Cantagrel et Hersent, les considérations militant en faveur ou à l'encontre de l'un et l'autre projet, vous ont été exposées. La Société n'avait pas à se prononcer pour l'un ou pour l'autre, elle n'a donc pas eu à formuler de conclusions; mais lorsque ces projets reviendront devant le Parlement, les divers avis exprimés pourront être utilement consultés par les intéressés.

M. *Fousset* nous a fait, au mois de juillet, une communication pleine d'à-propos, en traitant d'un projet de prolongement du chemin de fer d'Arzew à Saïda, vers Geryville et Tyout. En effet, ce prolongement a été voté par les Chambres, avant leur séparation, en juillet 1881, et aujourd'hui il est en grande partie exécuté par M. Fousset lui-même.

Vous avez encore entendu une communication de M. *Cantagrel* sur les améliorations apportées au port de Dublin, où on a fait usage de blocs de maçonnerie de 350 tonnes;

De M. *Poliakoff*, une note sur un projet de canal d'irrigation et de navigation, entre la mer Noire et la mer Caspienne, situé au nord des monts Caucase;

De M. *Martin*, vice-président, un compte rendu d'une note de M. Carié sur le barrage d'Oredon, dans les Basses-Pyrénées.

Dans la deuxième section, MÉCANIQUE ET SES APPLICATIONS, nous avons eu de nombreuses et intéressantes communications.

M. *Tresca*, président honoraire, a apporté devant la Société, pour y être discutée, une communication sur les formules de la résistance des matériaux, par le docteur Veyrauch. Ces formules, qui sont usitées en Allemagne et aussi en Angleterre, sont à peu près inconnues en France; celles que nous avons adoptées s'appuient sur la charge limite d'élasticité des corps employés, tandis que celles du docteur Veyrauch s'appuient sur la charge de rupture de ces corps.

Quelle différence y a-t-il entre ces deux méthodes, et devons-nous abandonner notre manière de procéder, pour adopter celle de l'Allemagne? Telle était la question posée.

En France, notre théorie de la résistance des matériaux part de ce fait. qu'au delà de sa limite d'élasticité, un corps soumis à des forces extérieures ne présente plus aucune garantie de solidité, il se déforme d'abord et se rompt ensuite. Pour nous donc, la limite d'élasticité est une limite indicative qu'il ne faut jamais dépasser. Les tableaux de la résistance des corps, employés dans l'industrie, nous donnent, pour ces corps, le poids correspondant à cette limite d'élasticité, et, dans les applications, nous faisons en sorte que les matériaux employés ne travaillent qu'à un coefficient égal au tiers ou au quart de ce poids.

En Allemagne, ainsi que je le disais, on part de la charge de rupture, et dans la pratique on ne fait travailler les matériaux qu'au quart ou au cinquième de ces charges. Comme conclusion, on arrive à ceci : que les chiffres absolus auxquels on fait travailler les corps employés sont, en France comme en Allemagne, à très peu près les mêmes; c'est-à-dire, pour fixer les idées, que des deux côtés, on ne fait pas travailler le fer à plus de 6 kilogr. par millimètre carré. Des deux côtés aussi, les coefficients reposent sur des expériences directes faites sur les matériaux.

Celles qui ont été entreprises en dernier lieu, en Allemagne, nous ont montré quelques résultats qui nous ont surpris, et qui sont, en apparence, en contradiction avec nos idées et notre pratique habituelle. Entre autres, ces expériences nous ont montré des cas de rupture au-dessous de la limite d'élasticité. Il faut dire, il est vrai, que, dans ces cas, la matière avait été tellement torturée qu'elle n'était plus dans les conditions normales de son emploi.

D'ailleurs, dans les faits que nous a apportés l'Allemagne, rien n'est venu infirmer les bases de notre théorie, et, pour nous, elle est sortie de la discussion, avec cette supériorité que nous sommes assurés, en nous y conformant, de rester dans les termes d'une parfaite sécurité. Telle a été la conclusion de cette intéressante discussion, à laquelle ont pris part, en y apportant un grand savoir et une pratique éprouvée, MM. Seyrig, Marché, Tresca, Brüll et de Comberousse.

Je n'hésite pas à dire que cette séance a été une des plus remarquables de celles tenues dans l'année.

M. *Jourdain* vous a décrit le but et l'organisation des associations des propriétaires d'appareils à vapeur, ainsi que les résultats qu'elles avaient obtenus, résultats qui se chiffreraient par une diminution des explosions de 70 pour 100, comptée sur l'ensemble des chaudières surveillées. D'après M. Jourdain, il y a, aujourd'hui, en Europe 44 associations comprenant 70,000 appareils à vapeur.

M. *Krémer*, vous a présenté une étude sur l'état de la meunerie, en France, et sur les procédés nouveaux de mouture des blés, appliqués par la meunerie étrangère.

Ces procédés sont : la substitution des cylindres horizontaux métalliques aux meules en pierres employées en France. Leur installation entraîne un

remaniement, à peu près complet, de l'outillage existant, et c'est un des motifs pour lesquels ils ne pénètrent pas facilement dans nos meuneries. Ces procédés, qui nous viennent de l'Autriche et de la Hongrie, sont, à peu près, exclusivement appliqués aux Etats-Unis et sont aussi très répandus en Angleterre.

Leur avantage n'est pas tant dans l'économie de premier établissement, que, dans le rendement journalier supérieur, obtenu avec les cylindres. Cette question est intéressante à suivre, parce qu'il semble que notre pays, essentiellement producteur de blés, se laisse devancer sur les marchés de l'Europe, un peu à cause de l'élévation du prix de revient de la mouture.

M. *Morandiere* vous a exposé les résultats de l'application du frein continu et automatique de M. Westinghouse, aux chemins de fer de l'Ouest, où, il est en usage courant depuis trois ans.

D'après M. Morandiere, ces résultats sont tout à fait satisfaisants, aussi l'extension de ce système, à tout le matériel de la Compagnie, a-t-il été décidé. Un point essentiel : la modérabilité paraît entièrement résolue, et ici, on entend par modérabilité, la faculté, pour le mécanicien, de modérer comme il le veut, la vitesse de son train, à la descente des fortes déclivités, au moyen du frein Westinghouse.

M. *Rey*, vous a apporté une nouvelle disposition des appareils de choc et de traction, des véhicules de chemin de fer, destinée à faciliter le passage des trains dans les courbes, et à assurer le contact permanent des tampons.

Ce contact permanent présente cet avantage que les véhicules, ainsi attelés, sont soustraits aux chocs qui se produisent au moment où le train s'arrête, et où il se remet en marche.

MM. *Rey* et *Vallot* ensuite, comblant une lacune qui existait dans l'application de la théorie des ressorts due à M. Phillips, membre de l'Institut, vous ont présenté et développé un long travail, consciencieusement élaboré, dans lequel ils ont repris les formules un peu complexes de l'auteur, et, les ont simplifiées en en remplaçant plusieurs termes par des coefficients que la pratique leur a indiqués. De cette façon, sans rien modifier à la base théorique établie par M. Phillips, ils ont rendu d'une application facile et rapide le calcul d'équations d'ordinaire très laborieuses à résoudre.

M. *Quéruel*, continuant ses études comparatives entre le diagramme de la machine à vapeur et la pesée d'eau d'alimentation, vous a apporté les résultats auxquels il était arrivé, et desquels il a conclu, sous sa responsabilité, qu'il y avait égalité entre ces deux quantités.

M. *Desbrières*, vous a, de nouveau, entretenu de l'application du système Fell, pour gravir, par chemin de fer, les fortes rampes, et vous a signalé celle qui en a été faite, avec succès, dans la Nouvelle-Zélande.

La construction des ponts métalliques a donné lieu à plusieurs communications intéressantes.

Au sujet des ponts du Douro et de Garabit, étudiés et construits dans les ateliers de M. Eiffel, M. *Bodin* a appelé votre attention sur les évaluations de ces grands ouvrages, et vous a exprimé que, dans son opinion, le type de pont avec poutre en arc, comme celui du Douro, n'était pas le plus économique pour les ponts métalliques à grande portée.

M. *Canovetti*, dans un laborieux travail, vous a exposé que, pour la construction des poutres métalliques, destinées aux ponts routes, à plusieurs travées de faible portée, il pouvait y avoir, sinon économie, du moins intérêt, au point de vue de la sécurité, à les calculer isolément.

M. *Périssé*, à la suite de la chute de ponts métalliques, due au gauchissement des poutres, vous a fait connaître une série de formules qu'il a été amené à établir, afin de calculer, suivant la longueur de la portée de ces poutres, la raideur à leur donner au moyen de piliers en fer, ou de contreventements supérieurs.

L'application de ces formules, à des ouvrages existants, a permis à leur auteur, de vérifier leur exactitude et leur utilité, non seulement sur ces ponts routes, mais aussi sur les ponts de chemins de fer.

Dans les TRAVAUX GÉOLOGIQUES, LES MINES ET LA MÉTALLURGIE, nous avons eu deux communications intéressantes. D'abord celle de M. *Loustau*, qui, à propos du percement du tunnel du Saint-Gothard, nous a donné une coupe géologique des terrains traversés, et dont la composition très variée, comprend, en allant de la tête nord à la tête sud, des roches granitiques, de gneiss, des roches amphiboliques et des micaschistes.

L'autre de M. *Brüll*, qui nous a rendu compte de l'ouvrage, si complet, de M. Vuillemin, sur le bassin houiller du Pas-de-Calais.

Dans la section de PHYSIQUE ET DE CHIMIE INDUSTRIELLE, nous avons eu un grand nombre de notes et de mémoires.

M. *Cornuault* vous a décrit, et a expérimenté devant vous, les nouveaux becs intensifs, pour brûler le gaz, dus à M. Siemens, et dont le but est de consumer, au moyen d'un courant d'air chaud, qui entoure la flamme naissante, tous les produits volatils renfermés dans l'hydrogène carboné du gaz d'éclairage.

M. *Guitton* vous a exposé les procédés employés par MM. Brin, frères, pour fabriquer industriellement de l'oxygène et de l'ozone, au moyen de la baryte.

M. *Mekarski* a appelé votre attention sur les accumulateurs d'électricité, imaginés par M. Faure, mais, tout en approuvant leur importance, au point de vue de leur application, pour produire les petites forces, il a critiqué leur insuffisance, suivant lui, pour produire la traction de voitures sur les tramways.

M. *Armengaud* (jeune) a rempli une séance, qui ne vous a pas paru trop

longue, en vous donnant d'abord, la description des principaux appareils téléphoniques imaginés, et, en particulier, ceux employés dans la pratique journalière, et, ensuite, en développant l'organisation du réseau téléphonique installé, à Paris, par la Compagnie générale des téléphones.

M. *Piarron de Mondésir*, dans une note très originale, et en même temps pleine d'observations, vous a expliqué la théorie qu'il a imaginée sur le rôle des nombres harmoniques en mécanique. M. Piarron de Mondésir dit que, pour lui, les nombres 2, 3, 5 soit seuls, soit affectés d'exposants entiers, sont les nombres harmoniques par excellence, et que les lois de la mécanique, de la physique et autres, quand elles peuvent être exprimées par des nombres, doivent procéder de ces trois chiffres simples. M. Piarron de Mondésir trouve la vérification de cet énoncé, en musique, dans les sons musicaux; en peinture, dans la gamme des couleurs; en chimie dans les exposants des formules atomiques; en physique, dans le coefficient de la dilatation des gaz, où il croit que la faible différence entre les résultats obtenus l'un, par Gay-Lussac, et l'autre par Regnault, tient probablement à des moyens d'observations imparfaits, et que le chiffre réel doit être le nombre harmonique placé entre les deux, et qu'il indique.

M. Piarron de Mondésir poursuit l'application de cette théorie à l'oxygène, l'hydrogène, l'azote, l'air et l'eau et, dans une seconde séance, il nous a montré qu'elle doit être exactement, d'après ses principes, la composition de l'air, le poids des deux éléments qui le composent, la densité de l'oxygène, de l'azote et de l'hydrogène, ainsi que les chaleurs spécifiques de ces corps.

Bien que cette théorie n'ait pas été reconnue exacte dans tous les cas où son auteur, lui-même, en a cherché la justification, elle s'appuie cependant sur des considérations assez élevées pour mériter votre attention.

M. *Boistel*, vous a décrit dans tous ses détails, le système de construction appliqué au petit chemin de fer électrique de 500 mètres, qui, de l'entrée de l'avenue des Champs-Elysées, conduisait dans l'intérieur du palais de l'Exposition. Ce système, qui repose sur le transport à distance de la force électrique, développée par une machine dynamo-électrique fixe, comprenait, en outre de la machine principale, une machine dynamo-électrique secondaire, à peu près de même puissance que la première et placée sous le châssis du véhicule, où, au moyen de fils mobiles, elle était en communication permanente avec la source d'électricité.

Ce petit chemin de fer, complet dans son ensemble, mais établi sur des proportions restreintes, va être installé, prochainement, dans l'intérieur de Paris, et sur une longueur d'au moins 5 kilomètres, où chacun d'entre nous pourra, alors, apprécier, à sa juste valeur, les services qu'il peut rendre.

M. *Monnier* (Denis), vous a fait la description d'un appareil de son invention, nommé méthanomètre, qui, paraît-il, fonctionne avec succès automatiquement, et dont le but est de permettre de faire dans les mines, une analyse rapide du grisou, et de déceler, sans danger, sa présence.

M. *Monnier* (Démétrius), vous a, dans un mémoire très intéressant, fait connaître les unités de mesures des grandeurs électriques, adoptées par le congrès international d'électricité.

M. *Létrange*, dans une note, sur la réduction des minerais de zinc, vous a indiqué le nouveau procédé, qu'il a imaginé, pour substituer à la distillation, aujourd'hui pratiquée, l'application de l'électricité, afin de retirer des minerais le métal pur, par conséquent complètement séparé de ceux qui se trouvent d'ordinaire dans sa gangue.

Parmi les communications diverses, nous trouvons : celle de M. *Lecordier*, sur les voitures à vapeur construites par M. Amédée Bollée, qui paraissent réaliser le but que s'est proposé leur auteur, celui de relier les centres d'importance secondaire avec les gares de chemins de fer et d'être, pour ceux-ci, des affluents directs.

Nous avons aussi la note, de M. *Edouard Simon*, sur la situation des industries textiles. Cette note, très bien faite, qui touche aux questions d'économie politique, passe en revue la situation des divers pays du monde, en ce qui concerne notamment le coton, le lin, la laine et la soie. Elle nous montre la France, menacée sur tous les marchés, par ses redoutables voisins, et l'auteur se demande si, dans les conditions actuelles, des progrès incessants dans la fabrication, et des événements politiques intérieurs et extérieurs, il ne serait pas préférable de substituer, aux traités de commerce, des tarifs de douane réduits, toujours susceptibles de rectification.

Les questions d'économie politique sont inscrites dans notre programme, mais les mémoires qui nous sont présentés sur cette matière sont rares, aussi devons-nous accueillir, comme une bonne fortune, celui que M. Simon nous a apporté.

Il en est de même du compte rendu que nous a fait M. Ivan Flachat, sur une note de M. Albert Jacqmin, traitant des caisses de retraite dans les compagnies de chemins de fer, sujet plein d'intérêt et d'actualité, et, qui reviendra prochainement pour être discuté plus amplement devant vous.

M. *Martin*, ingénieur de la compagnie des horloges pneumatiques, système Popp-Resch, vous a exposé le but poursuivi, par sa compagnie, celui de l'unification et de la distribution des heures dans les grandes villes, à l'aide de l'air comprimé, qui, circulant dans les tuyaux, aboutit aux horloges placées sur leur parcours. Le mouvement synchronique est obtenu au moyen d'une horloge régulatrice qui, à chaque minute, envoie et refoule dans les conduites, l'air nécessaire à la propulsion des aiguilles.

Les essais commencés à Vienne, en Autriche, ont complètement réussi à Paris, où la compagnie va poursuivre, à titre définitif, l'installation provisoire qu'elle avait jusqu'ici.

M. *Richard*, délégué de la Société auprès du congrès tenu, à Alger le 14 avril, PAR L'ASSOCIATION FRANÇAISE POUR L'AVANCEMENT DES SCIENCES, vous a fait un récit très intéressant des matières examinées dans la section du

génie civil, dont il a été nommé vice-président; il vous a, ensuite, rapporté, avec ses impressions de voyage, un aperçu général de la constitution géologique et météorologique de l'Algérie, ainsi que des ressources qu'elle offre à l'industrie. — Ces documents insérés dans nos comptes rendus peuvent y être consultés avec fruit.

Enfin, M. *Gaudry* vous a entretenus de la flotte appartenant à la compagnie transatlantique, de son importance qui s'élève aujourd'hui à 62 paquebots, et dont la force collective représente 90,000 chevaux. Il a insisté surtout sur la rapide construction des navires qui ont été livrés, pour le service de la Méditerranée, afin de relier les ports de Marseille, de Cette et de Port-Vendres, avec ceux de l'Algérie, et de mettre ainsi, notre belle colonie plus à proximité de la métropole.

Toutes ces notes, mémoires ou communications ont été reproduits, *in extenso*, dans nos bulletins mensuels.

Une heureuse innovation, qui date de l'année dernière, et qui a été continuée cette année, est l'insertion, dans ces bulletins, d'une *chronique* où sont passés en revue les travaux et faits principaux de la France et de l'étranger, qui touchent au génie civil. — Ce travail, très bien fait et éminemment utile, est dû, comme vous le savez, à notre laborieux collègue M. Mallet; je lui en adresse, ici, toutes mes félicitations et tous mes remerciements.

Exposition d'électricité.— Dès le commencement de l'année, votre comité s'est préoccupé du profit que les membres de la Société pourraient retirer de l'Exposition d'électricité. Il avait chargé ceux de ses membres qui, à cette époque déjà, faisaient partie du comité d'organisation de l'Exposition, de le tenir au courant des décisions qui seraient arrêtées et de la part que notre Société pourrait y prendre.

Beaucoup d'entre nous y ont figuré comme exposants, plusieurs ont été nommés dans le congrès international officiel, ainsi que dans le jury des récompenses. Parmi les récompensés, nous comptons :

5	membres	ayant obtenu	le diplôme d'honneur.
12	—	—	la médaille d'or;
13	—	—	la médaille d'argent;
8	—	—	la médaille de bronze.

Et, enfin, 2 croix d'Officier de la Légion d'honneur données à des membres étrangers; et 11 croix de Chevalier, sur 23 accordées aux exposants français. C'est un magnifique résultat.

Aussitôt que cela a été possible, des séances-visites ont été organisées au sein de notre Société, pour étudier toutes les parties de cette merveilleuse Exposition. Notre programme d'études comprenait, à l'exception d'une, seule, celle de la médecine, toutes les sections du programme officiel.

Nous les avons classées suivant un ordre méthodique, qui convenait le mieux à notre étude, et nous les avons ainsi réparties en treize séances qui

ont donné lieu à vingt-quatre communications. Chaque sujet, après avoir été exposé et développé dans une conférence, a fait ensuite l'objet d'un examen spécial, dans le palais, où, chaque exposant nous donnait les explications nécessaires pour bien comprendre les appareils exposés.

Je ne saurais trop remercier, ici, les personnes étrangères à notre Société, MM. Franck-Géraldy, Boistel (Ernest) et Ravel qui ont bien voulu nous prêter leur concours, ainsi que les membres de notre Société, qui nous sont venus en aide, pour donner à nos réunions l'intérêt et l'attrait qui, jusqu'à la fin, n'ont pas cessé un instant.

Toutes ces conférences et visites ont été recueillies et ont fait l'objet de procès-verbaux, dont une partie revue avec soin, vous a été distribuée et qui sera, en totalité, insérée dans les comptes rendus mensuels.

Ces procès-verbaux formeront un petit volume que chacun de nous gardera comme un souvenir de l'Exposition, et consultera certainement avec fruit.

L'organisation de séances-visites, inaugurées cette année dans notre Société, et, dont le succès appartient à notre vice-président, M. Marché, servira, je n'en doute pas, de point de départ, aux prochaines expositions, pour des séances-visites analogues.

J'aurais pu abréger, Messieurs, ce compte rendu, mais j'ai considéré qu'il était un hommage que le président devait à vos travaux, au double point de vue de leur importance et de l'intérêt qu'ils présentent pour le monde industriel qui s'y intéresse.

Je vous demande pardon, Messieurs, de vous retenir, encore, quelques instants, j'ai à vous parler, maintenant, des travaux du Comité.

Nos relations avec les Sociétés savantes et industrielles de France et de l'étranger continuent et se développent.

En ce moment, 54 Sociétés et 57 publications périodiques industrielles échangent leurs comptes rendus ou leurs journaux avec nos bulletins et nos mémoires mensuels.

Sur ce nombre, nous comptons 27 Sociétés et 42 publications étrangères. En résumé, c'est un total de 111 bulletins et publications scientifiques et industrielles que les membres de la Société peuvent venir consulter, ici, chaque jour.

Pour étendre nos relations, le Comité a décidé l'inscription de notre Société comme membre à vie : 1° de la Société des Amis des Sciences, fondée par Thénard, et 2° de l'Association française pour l'avancement des sciences.

Sur les demandes qui nous ont été adressées par cette dernière Association, et par la Société de Géographie, votre Comité a désigné deux délégués pour représenter la Société aux Congrès qui ont été tenus : l'un à Alger, le 14 avril, l'autre à Venise, le 19 septembre.

Le maire de la ville de Newcastle, en nous conviant à la fête donnée le

7 juin, à l'occasion du centenaire de la naissance de Georges Stephenson, nous a, en même temps, demandé de souscrire à la fondation d'un Collège industriel, qui doit être construit à Newcastle même, et qui portera le nom de Stephenson.

Votre Comité n'a pas hésité à faire inscrire la Société sur une liste où figureront toutes les Sociétés industrielles du monde ; il a pensé, en effet, qu'on ne saurait trop honorer la mémoire des hommes qui, comme Georges Stephenson, ont été la gloire de leur temps.

La publication des bulletins mensuels, commencée l'année dernière, a été poursuivie cette année, et distribuée aussi régulièrement que possible. Vous avez reçu les livraisons jusqu'au mois de novembre, quant au numéro de décembre, il paraîtra avant la fin du mois de janvier.

Cette année, les procès-verbaux des séances-visites, à l'Exposition d'électricité, sont venus apporter un surcroît très important de travail, et cependant nous y avons fait face avec le personnel, très restreint, que nous avons.

Je dois, à cette occasion, vous signaler combien M. Husquin de Rhéville, notre dévoué secrétaire-archiviste, et son fils, se sont multipliés pour surveiller tous ces travaux.

Le service du sténographe, qui avait commencé l'année dernière, à titre d'essai, a été continué cette année, et la dépense, assez importante qui devait en résulter, a été approuvée par votre Comité.

La médaille que la Société donne, chaque année, au mémoire jugé le meilleur, parmi ceux qui lui sont remis dans le cours de l'année précédente, a été, cette fois-ci, attribuée à M. Clerc, pour son travail intitulé : « Une nouvelle théorie de résistance des poutres. »

Nous avons cette année deux médailles de 300 fr. à donner, et, en outre, nous avons à décerner le prix Nozo.

Vous savez, Messieurs, que notre excellent Collègue et ancien président a légué, à la Société, une somme de 6,000 fr. qui, suivant ses intentions, devait être placée en rentes sur l'État ou en obligations, pour l'intérêt réalisé tous les trois ans, être donné en prix au meilleur mémoire remis, par un membre de la Société, pendant ladite période triennale.

Ce prix, étant d'une valeur d'environ 820 fr., il a paru à votre Comité que le règlement fait pour la médaille annuelle, ne pouvait plus s'appliquer dans l'espèce, et il en a rédigé un autre spécial pour le prix Nozo. Ce règlement admet au concours les mémoires primés, et ceux des membres du bureau et du Comité ; il fixe ensuite la composition du jury, duquel sont exclus tous ceux qui veulent prendre part au concours.

Je vous ai donné communication des dispositions de ce règlement, dans la séance du 4 novembre, je n'y reviendrai pas.

La mort de notre regretté collègue, M. Demimuid, avait laissé vacante la place d'architecte de la Société ; votre Comité a choisi pour le remplacer

M. Lavezzari, dont le nom est connu de vous tous par ses travaux spéciaux, car personne n'ignore qu'il est l'habile architecte de l'établissement de Berck-sur-Mer.

Notre hôtel, Messieurs, avait été assuré, dès l'origine de sa construction; mais cette assurance était incomplète, le mobilier et la bibliothèque n'y figuraient pas. Cette lacune a été comblée moyennant une faible augmentation de la prime à payer chaque année.

Votre Comité s'est également préoccupé de réaliser les vœux bien souvent exprimés par tous les membres, à savoir :

1° De dresser la table des matières, insérées dans les comptes rendus, depuis l'origine de la Société, c'est-à-dire depuis trente-quatre ans;

2° De mettre au courant le catalogue de tous les ouvrages et brochures existant dans la bibliothèque;

3° De faire imprimer, à part, la liste des membres de la Société, avec l'indication de leur résidence par pays et par ville pour les étrangers; par département et par ville pour les résidents en France.

Je puis vous dire que ces trois vœux exprimés ont reçu satisfaction.

La table générale des matières est à jour, elle sera imprimée et envoyée à chaque membre; le catalogue de tous les ouvrages et brochures de la bibliothèque a été mis au courant; et, enfin, la liste de tous les membres, avec l'indication de leur résidence par pays, par département et par ville, suivant les cas, est également terminée; elle sera imprimée et distribuée à chacun.

L'année dernière (en 1880) et dans sa dernière séance, la Société avait approuvé la création de membres correspondants à l'étranger, dans le but d'être mise au courant des travaux importants qui y seraient exécutés.

Le Comité a successivement approuvé la nomination de correspondants en Belgique, en Suisse, en Autriche, en Espagne, en Russie, en Italie et aux Etats-Unis.

D'après la lettre d'avis de nomination, c'est à la fin de l'année, que chaque correspondant doit adresser un rapport sur les travaux exécutés autour de lui; nous aurons donc, prochainement, il faut l'espérer, des communications à vous faire sur ces rapports. Mais sans attendre, lorsque nous avons eu besoin, à l'étranger, de quelques renseignements, nos correspondants nous les ont fournis avec la plus grande promptitude et la plus grande obligeance.

Dans sa séance du 22 avril, votre Comité, pour répondre à de justes observations faites sur l'insuffisance de la ventilation de notre salle des séances, avait décidé, sur le rapport de M. Demimuid, que des travaux d'aérage seraient entrepris immédiatement; le crédit avait été ouvert à cet effet, et on allait mettre la main à l'œuvre, quand notre cher Collègue nous a été enlevé.

J'ai chargé M. Lavezzari de reprendre cette affaire et de la mener rapidement et à bonne fin.

Votre Comité, Messieurs, s'est aussi beaucoup préoccupé de l'exiguïté du local où nous tenons nos séances. Il y a treize ans, la surface qui avait été acquise, pour bâtir l'hôtel où nous sommes, paraissait suffisante. Nous étions alors mille environ; aujourd'hui nous sommes près de deux mille.

M. Demimuid avait tiré du terrain, mis à sa disposition, le meilleur parti possible, mais la salle des séances ne peut contenir plus de deux cents personnes; en outre, les pièces destinées à l'Administration de la Société, sont tout à fait insuffisantes. Notre bibliothèque est trop petite, la salle du Comité ne peut donner place à tous ses membres et le président n'a pas même un cabinet où il puisse recevoir et y passer quelques heures chaque jour. C'est une gêne constante pour la bonne direction des affaires, et, aussi, je dois le dire, cette situation nuit à la considération de notre Société. Quant au trésorier, il n'a aucun abri.

M. Lavezzari, à qui j'ai demandé un projet pour satisfaire aux exigences qui nous menacent, a trouvé que, dans l'état actuel de notre Société, une surface double de celle que nous occupons suffirait à peine à nos besoins.

Dans le devis qu'il m'a présenté, M. Lavezzari estime, en se basant sur l'hôtel que la Société de géographie vient de se faire construire, qu'il nous faudrait une surface d'environ 500 mètres carrés, (nous n'en avons que 200) et que, pour obtenir une salle des séances capable de recevoir 500 personnes, en comptant une somme de 1,000 francs par membre, pour toute la construction, la dépense s'élèverait à 500,000 francs. — Ce chiffre ne comprenant pas l'acquisition du terrain, il faudrait y ajouter pour une surface de 500 mètres carrés, une somme d'au moins 250,000 francs ce qui constituerait un total de 750,000 francs, à quoi il faudrait encore ajouter 100,000 francs pour le mobilier, soit en tout une dépense d'au moins 850,000 francs. Notre hôtel actuel nous a coûté environ 230,000 fr., nous ne serions pas en peine de le vendre 300,000 francs, ce qui réduirait à 550,000 francs les frais d'une nouvelle construction. Il nous serait facile de trouver ce capital; mais il nous serait très difficile de trouver, dans nos ressources actuelles, l'argent nécessaire pour en payer les intérêts, qui s'élèveraient, au moins à 27,000 francs par an.

D'après les comptes présentés, en fin de chaque exercice, le restant en caisse net n'atteint pas en moyenne au delà de 5,000 francs, et je ne crois pas que nous puissions compter, d'une manière ferme, sur un excédent de plus 4,000 francs, sur les dépenses normales; nous nous trouverions donc en déficit d'environ 23,000 francs par an. Pour le combler, il n'y a que deux moyens : l'augmentation du nombre des membres, ou les dons volontaires.

Quant à l'augmentation du prix de la cotisation il n'y faut pas songer.

Le plus sage est de ne compter que sur l'augmentation du nombre des membres; il nous en faudrait encore 2,800 environ, pour entreprendre notre

installation nouvelle, c'est donc à provoquer des adhésions que nous devons diriger nos efforts, si nous voulons constituer plus solidement notre Société. Et ce résultat pourrait être obtenu, du jour au lendemain, si tous les anciens élèves sortis des écoles techniques, attachés, en ce moment, à l'industrie, aux constructions, au génie civil en un mot, et qui ne sont point encore des nôtres, venaient se joindre à nous.

Je ne puis comprendre les résistances ou les indifférences à cet égard, car elles n'aboutissent qu'à la dispersion de nos forces, tandis qu'elles devraient toutes se trouver réunies ici, où est véritablement le drapeau du génie civil.

Avant de céder le fauteuil, à mon vieil ami et camarade, M. Émile Trélat, qui apportera dans la direction de vos travaux, l'esprit élevé et le caractère libéral, qui, partout, l'ont fait distinguer, et qui, certainement, remplira cette place beaucoup mieux que je n'ai pu le faire, laissez-moi vous remercier tous, Messieurs, de la bienveillance que vous m'avez montrée, ainsi que du concours que vous m'avez donné. Ça n'aura pas été en vain que j'y aurai fait appel, en en prenant possession.

Je vous avais dit aussi, qu'à défaut des qualités indispensables pour présider vos séances, j'apporterais tout mon dévouement à la bonne administration de notre Société, je m'estimerais très heureux si, en cela, j'ai justifié les espérances que vous avez pu fonder sur mon passage à ce fauteuil. — Dans tous les cas, il aura été, pour moi, un grand honneur, et il restera un de mes meilleurs souvenirs.

M. Émile Trélat prend les mains de M. Mathieu qui lui cède le fauteuil, et lui dit :

Mon cher Président,

Permettez-moi de vous donner encore un instant ce titre, pour vous applaudir et vous remercier. L'exposé que vous venez de faire des travaux de la Société dans cette dernière année, est si brillant, que je serais coupable si j'oubliais d'adresser mes félicitations à ceux qui les ont produits. Et je ne me pardonnerais pas moi-même si je ne marquais ici le zèle et le dévouement dont vous avez dû faire preuve pendant votre administration pour arriver à un tel résultat. Faites des vœux, mon cher camarade, pour que je ne sois pas indigne de mon prédécesseur dans la tâche que nos Collègues ont bien voulu me confier. (*Applaudissements.*)

Messieurs,

J'arrive devant vous les mains vides, et le cœur plein. Lorsqu'on reçoit un bienfait, pareil au vôtre, on a mauvais air à se présenter ainsi sans

munitions de lecture. Permettez-moi pourtant, de croire que votre indulgence m'est acquise d'avance. J'ai été surpris par votre générosité, et j'ai été surpris au moment où je partais pour une mission officielle dont je reviens à peine. — Mon cœur plein ! je le laisse déborder devant vous. Chaque fois que vous faites un Président, une belle fleur germe au cœur d'un nouveau venu et vient s'épanouir à cette place : c'est la gratitude ! Tous mes prédécesseurs vous ont apporté la leur à leur premier salut. Permettez-moi de vous dire qu'aucun d'eux n'a pu vous en présenter une plus franche en ses contours, plus brillante en ses couleurs et plus fière dans son port.

Qu'avez-vous fait ? — Il est vrai que je suis ici l'un des plus vieux inscrits sur la liste des membres de la Société des Ingénieurs civils; mon nom y est depuis la fondation de la Société. Il est vrai que vous me trouverez trois fois parmi les membres de votre Comité. Il est vrai que j'ai suivi attentivement toutes les œuvres de la Société. Il est vrai que j'ai pris part à vos discussions, et que parfois aussi je vous ai apporté quelques communications. Mais enfin, Messieurs, si je n'en rougis pas, si j'en parle même fièrement ici comme partout, vous savez bien où m'ont conduit les vertes amours de ma jeunesse aussi bien que les graves passions de mon âge mûr. C'est vers des horizons assez lointains d'ici pour vous paraître quelquefois perdus dans les brumes. C'est à l'architecture, à l'art supérieur qui ambitionne de fixer la forme des édifices, que je me suis consacré toute ma vie. J'habite ainsi la grande banlieue du génie civil, dont je reconnais ici la capitale. Et c'est là que vous êtes venus me chercher ; et c'est là que vous m'avez fait ce grand honneur que j'ai de parler à cette place. Je ne l'oublie pas, Messieurs, et c'est plein d'émotion et d'inquiétude que je vous dis : Merci !

Mais l'honneur, l'honneur qu'on recueille ainsi, qu'est-ce donc, sinon le signe d'un devoir qui s'impose ? Ah ! je m'interroge anxieusement depuis trois jours. Mais il me semble que c'est devant vous que doit s'apaiser mon souci. — Quel est ici mon devoir ?

Contrairement à la coutume, vos votes ont été laborieux. A ma grande confusion aussi bien qu'à ma grande innocence, l'élection a quitté sa voie régulière pour me désigner. Que veut-elle dire ? — Est-ce l'architecte ? — Est-ce le fondateur d'École ? — Est-ce le vieux professeur que vous avez visé?

Peut-être vous êtes-vous dit : « L'architecte a de tous temps envisagé l'édifice au triple point de vue du service qu'on en attend, de l'organisme qu'il comporte, et de l'unité plastique qu'il révélera. Toutes les périodes de la civilisation doivent à cette conception multiple des œuvres construites, les monuments qui nous font apprécier leurs caractères et qui les illustrent. Il est bon qu'on se le rappelle quelquefois à la Société des Ingénieurs civils. » Si vous vous étiez dit cela, Messieurs, non seulement je ne saurais y contredire; mais j'ajouterais que l'œuvre si moderne et si originale du génie civil gagnerait une netteté qu'elle n'a pas en général, tant s'en faut, dans les esprits; que bien des répulsions inconscientes et réciproques disparaîtraient, autre part aussi bien qu'ici. Pourquoi donc, Messieurs, ne rap-

pelle-t-on pas plus souvent l'admirable conquête du génie civil ? Il s'est approprié l'un des trois facteurs de l'architecture. Il a fait de l'*organique* des édifices une énorme science concrète par laquelle, à l'heure qu'il est, il fixe victorieusement la quantité de matière qui fournira la somme de résistance, de stabilité, de durée nécessaire à une application quelconque. L'instrument merveilleux que vous avez ainsi créé suffit à tous les besoins de cette industrie qui crée la richesse, et vous avez bien raison de considérer votre art comme une des plus grandes et des plus belles applications de l'intelligence. Mais il ne faut ni la confondre avec l'architecture, ni dédaigner les capacités collectives et les nécessités dépensières de celle-ci.

Vous ne vous êtes peut-être rien dit de cela ! — Avez-vous donc voulu atteindre l'homme assez attentif aux besoins de son temps pour s'efforcer longuement de combler une lacune dans l'enseignement d'une profession ? Avez-vous voulu atteindre le professeur, dont la condition est d'apprendre tous les jours à ordonner ses idées, à les mesurer, à les présenter dans l'ordre de leur importance et à en tirer des conclusions d'autant plus justes que les premières opérations auront été mieux faites ?

Est-ce tout cela que vous avez voulu désigner ? Je n'en sais rien, Messieurs, et je ne découvre, à vrai dire, derrière cette élection, qu'une indication précieuse pour moi : le signe de votre généreuse sympathie et la preuve de votre grand libéralisme d'idées.

Mais je veux interroger autre chose que des attractions personnelles, ou des principes généraux. Je veux considérer le milieu et les circonstances où nous sommes. Sur ce terrain, je me trouverai plus à l'aise, car je n'aurai plus à parler de moi.

A considérer ce qui s'est passé ici, depuis votre fondation, on distingue deux périodes qui partagent votre œuvre. Dans la première, vous vous agrégez, vous vous communiquez les résultats de votre expérience journalière, vous ramassez les éléments de votre jeune science, vous constituez votre capacité professionnelle, ce que j'appellerai votre *technicité*. C'est à ce moment de votre histoire que nous retrouvons, dans un souvenir ému, ces maîtres et ces chefs éminents qui dirigeaient et coordonnaient vos laborieux efforts, et parmi lesquels se détache la figure si franche, si éveillée, si ardente et si aimée de notre Flachat. On n'a pas assez mis en lumière la puissance d'éclosion de vos vingt-cinq premières années d'existence. Laissez-moi m'y arrêter un instant, en reprenant un des traits de vos multiples applications. Ce sera le plus saillant, si vous le voulez bien. J'entends parler de la manière dont vous avez introduit le Fer dans les constructions. A peine notre métallurgie avait-elle pris rang dans notre industrie pour fabriquer les rails de nos premiers chemins de fer, vous vous hâtiez de substituer le nouveau *matériau* au bois. Mais, remarquez-le, la substitution se fit purement et simplement, sans tenir aucun compte des *capacités constructives* très complexes du fer. On ne prenait en considération que son coefficient de résistance. Introduisait-on un tirant de fer à

la place d'un tirant de bois dans une ferme, il s'y logeait avec des dimensions moindres, naturellement; mais ses attaches avec les pièces voisines étaient faites dans le même esprit que par le passé. On le boulonnait ou on le sabotait au lieu de le cheviller dans un embrèvement. Rien de plus curieux que de remonter en souvenir à la petite ferme du maigre hangar que Camille Polonceau avait fait pour remiser deux locomotives au chemin de fer de la rive gauche. La compagnie était bien misérable ! Il s'ingéniait avec son maître Perdonnet à faire beaucoup avec rien. Deux madriers servant d'arbalétrier, deux bouts de chevron formant contre-fiches et trois tirants en gros fils de fer noués aux bois, formaient la ferme du hangar. C'est ce petit stratagème de la misère qui a servi de type à toutes les fermes Polonceau, qui ont été tant appliquées et qu'on utilise encore aujourd'hui avec beaucoup moins de raison que ne l'a fait l'auteur, en 1839, à la gare du Maine. Toujours est-il, qu'à vos débuts, toute votre science consistait à proportionner isolément chacune des pièces de fer entrant dans vos ouvrages à l'effort qu'une épure ou le calcul lui attribuait dans l'ensemble. Les rôles se trouvaient ainsi distribués entre les pièces, les unes fonctionnant à la traction, les autres à la compression, si bien qu'il ne restait plus qu'à appliquer les coefficients convenables pour aboutir. Il est vrai que, dans cet ordre d'idées, on ne négligeait pas de tirer parti des grandes capacités de la fonte à la compression, et qu'on utilisait ce *materiau* toutes les fois qu'il fallait introduire une résistance de cette espèce en un point de la construction. On a beaucoup édifié suivant cette doctrine; mais il faut dire aussi qu'on a quelquefois médiocrement réussi. Bien des constructions se sont mal comportées; quelques-unes ont peu à peu perdu leur rectitude et par suite leur stabilité. On les a refaites. D'autres ont si promptement changé de figure qu'elles se sont effondrées..... Ces expériences ont bien vite montré qu'avec les grandes capacités de résistance du fer, les organes de la construction devenaient grêles, et que leur stabilité précaire introduisait un danger permanent dans l'édifice. On se préoccupa des contreventements; on les développa. Mais les contreventements étaient difficiles avec des moyens d'attaches aussi imparfaits que les boulonnages; la rivure intervint, et, avec elle, une ressource constructive de premier ordre et qui n'appartient qu'au fer. On pouvait, désormais, faire un organe de construction, composé d'un nombre quelconque de morceaux et constituant un ensemble dans lequel tous les points faibles étaient remplacés par des points forts. Mais on ne s'en tint pas là. Une fois en possession de la rivure et des organes solidaires qui en étaient la conséquence, on modifia le mode d'étude des ouvrages. On définit les défigurations dont était menacé *chaque organe*, on les supputa et on leur opposa des moments de résistance proportionnés. La rigidité dans les organes devint une condition désirée dans la construction; et il n'est pas audacieux de dire que l'expérience et la discussion aboutiront en France, à cette conclusion très prochaine que les organes horizontaux des édifices, jadis si instables et si fatigants pour les parties portantes, seront par leur rigidité des contreventements efficaces de

ces dernières. On fera des combles et des planchers d'une seule pièce. Ce sera le dernier mot de l'utilisation des propriétés constructives du fer. Bien qu'en Angleterre Stephenson ait ouvert la voie de cette progression en face de son compétiteur Brunel, persistant dans l'emploi des organes composés d'éléments multiples, c'est en France et chez vous que la méthode s'est développée sans interruption sous les efforts de Flachat, Bellangé, Clapeyron, de leurs élèves Molinos, Pronnier, de Dion et bien d'autres que je ne puis nommer. Et c'est pour cela, qu'à l'étranger, on classe nos ouvrages métalliques sous le nom d'École Française.

En vous présentant, Messieurs, ce court historique de l'une de vos nombreuses applications, j'ai voulu fixer votre attention sur le rôle de votre Société, pendant ses vingt-cinq premières années. Qu'a-t-elle fait durant cette longue étape? Elle a constitué sa technicité. Excusez, je vous prie, la répétition de ce néologisme qui rend bien ma pensée. Elle vous a armés de toutes pièces contre les difficultés des applications. Elle a posé vos idées spéciales et fixé votre langage commun. En un mot, elle a édifié sur un bagage expérimental considérable et sur une discussion abondante, l'autorité de sa compétence professionnelle. Votre fonds scientifique est ainsi fait d'une large épargne intellectuelle. Est-ce à dire qu'étant riches, vous deviez renoncer à accroître votre capital. Bien fou qui y songerait ici. Mais à vous voir fonctionner depuis quelques années, il semblerait que vos préoccupations sont moins intérieures et que vos tendances vous portent quelquefois à excéder le champ de vos études habituelles. Cette observation m'amène à vous parler de ce que j'appellerai votre seconde période d'existence.

Je crois, Messieurs, que nos malheurs publics ont exercé sur cette Société l'influence qu'ont subi tous les milieux élevés en France. La conscience s'est affinée. On a voulu mieux voir, mieux comprendre, mieux agir. On a regardé plus loin tout en se surveillant de plus près; et, inconsciemment, tous ces efforts bandés par le même ressort, tendent à se marier dans une action commune. Je voudrais essayer de me l'expliquer devant vous.

Il n'y a pas, Messieurs, que le budget qui ait énormément grossi chez nous depuis 1870. Toutes les questions ont grandi, toutes se sont compliquées, toutes se sont hérissées de difficultés, parce qu'elles sont toutes devenues plus générales, parce qu'elles sont toutes devenues nationales, la totalité des citoyens étant désormais directement intéressée à leurs solutions. Depuis que les intérêts du pays ne sont plus administrés par des considérations semi-nationales, semi-dynastiques, il n'y a plus de questions isolées. Elles se tiennent toutes. Pour les traiter, il faut regarder les voisines et les comprendre. Il faut généraliser. Lorsqu'une étude se pose aujourd'hui devant une Société aussi autorisée que la vôtre et lorsque vous l'élucidez, c'est une véritable consultation nationale que vous préparez. Qu'il s'agisse de navigation, de ports, de chemins de fer, d'installations industrielles ou d'utilisation des forces naturelles, d'aménagement du

territoire ou d'assainissement des cités, personne ne s'y méprendra désormais. Ou vous aurez marié vos solutions aux exigences latérales et vous serez écoutés, ou vous serez restés dans les mailles de votre compétence technique et vos efforts seront sans portée extérieure. Aussi je vous le dis, Messieurs, c'est pour vous l'heure des points de vue généraux et des doctrines ouvertes. Ne craignez pas ces tendances vers les théories contre lesquelles on s'est tant et trop élevé dans notre pays depuis quelques années. Ces révoltes ont eu leur raison d'être quand on ne savait pas distinguer la théorie de l'abstraction. Mais je ne vous pousse pas aux pures spéculations de l'esprit. J'entends, au contraire, ne considérer ici que l'ordre des faits; mais j'aimerais à vous les voir traiter d'ensemble et de très haut lorsque l'occasion s'en présente.

Remarquez, je vous prie, Messieurs, que ce que je vous demande ici convient très bien à la richesse de votre fonds intellectuel. Toutes les richesses sont soumises aux mêmes lois de développement. C'est en continuant à les grossir par la collection qu'on les entretient; mais c'est en cherchant leur maximum d'utilité dans l'emploi, qu'on les féconde. Multipliez donc ici vos ressources et vos compétences techniques; mais dépensez largement les unes et les autres au dehors; intéressez-y le grand public.

Ne croyez pas, Messieurs, que je vous expose ici une idée solitaire. Il y a trois jours, j'étais à Londres. Savez-vous ce que m'y disait un des vice-présidents de l'Institut des Ingénieurs civils anglais? Il me disait : « Nous n'acceptons plus en communication de séance, que les études qui engagent les principes. Celles-là seules peuvent alimenter les discussions générales. Ce sont les discussions générales seulement qui peuvent maintenir l'esprit d'une grande Société comme la nôtre. Par elles, nous tirons du passé tout le profit qu'il comporte et nous ménageons à l'avenir les ressources qu'il exige. »

Puisque je vous parle des Anglais, je voudrais vous fournir encore un témoignage favorable à ma thèse. Je suis allé voir mon vieil ami le Dr Sutherland, un beau vieillard de soixante-quinze ans. Nous ne nous étions pas rencontrés depuis vingt ans. Il m'a reçu les bras ouverts et je ne sais pas vous dire combien j'ai été ému de la manière dont il m'a parlé de la France. Mais vous ne savez pas qui est le Dr Sutherland. Je crois que je vous intéresserai en vous en parlant d'abord un peu.

M. Sutherland est un médecin civil, ce qui ne l'empêche pas d'être un fonctionnaire du Ministère de la Guerre, où il s'occupe de la conservation de la santé du soldat. En Crimée, la mort avait décimé l'armée anglaise. Mais c'était l'hôpital, bien plus que Balaclava où Inkermann qui avait fait le mal. Sans miss Nigthingall, l'héroïne de générosité et de bon sens, qui, avec ses amies et avec sa fortune, assura les soins des malades, on ne sait pas qui serait revenu. Toujours est-il que de cette expérience naquit au Parlement l'opinion que la santé du soldat n'était soignée nulle part, ni en guerre, ni en paix; que les casernements étaient malsains; qu'il fallait aviser. En 1857, lord Panmure, Ministre de la Guerre chargea une Commis-

sion de faire l'enquête et l'étude de ce grave sujet. Notez le nombre des membres de cette Commission : *trois*. Notez la condition des membres : deux civils, MM. Sutherland et Burrel; un militaire, capitaine Douglas Galton. Notez la franchise et la puissance des instructions : droit de faire immédiatement, sans autorisation spéciale, 2,500 francs de travaux portant remède aux maux urgents, dans toute caserne ou tout hôpital militaire du Royaume-Uni; droit de proposer une dépense quelconque pour l'amélioration totale; ordre de résoudre la question d'ensemble pour l'avenir et d'en faire rapport. En deux ans, le travail était fait. Il a guidé la reconstruction ou le remaniement du casernement entier et des hôpitaux de la Grande-Bretagne. Il est encore actuellement le meilleur traité sur la question. Aujourd'hui l'Angleterre a transformé les conditions sanitaires de son armée, par l'amélioration du logement du soldat. Là où la mortalité s'élevait à 17,50 pour mille, on ne compte plus que 7 morts sur mille par an. Voilà ce que trois hommes, en Angleterre, ont fait officiellement au nom de l'État. Ne trouvez-vous pas cela admirable, Messieurs? Lorsqu'il faut, en France, un remède immédiat à un grand mal public, des commissions nombreuses fonctionnent dans d'interminables discussions, les rouages administratifs se mettent lentement à tourner, tout le monde redit à qui mieux mieux : voilà ce qu'il faudrait faire. Mais on ne fait rien...

Ma digression s'est allongée, Messieurs, je vous demande pardon. Mais vous avez maintenant quelque sympathie pour mon interlocuteur, et je reviens à lui. Le Dr Sutherland me disait : « Vous vivez trop exclusivement dans les détails, chez vous. On vous entend à tout propos, maintenant répéter le mot « pratique » que vous nous avez pris, il y a trente ans. Il me paraît que vous en abusez un peu. Pendant ce temps-là, nous nous sommes mis ici à regarder les choses d'ensemble et nous nous en trouvons bien. Dites-le à vos amis, en France. Dites-leur que partout, nous nous sommes aperçus qu'il fallait mettre de l'ordre dans les idées; que les idées supérieures doivent être au premier rang, et avoir de la place et de l'air; que les idées moyennes doivent venir après et les petites idées après encore, toutes étant d'ailleurs servies proportionnellement à leur importance. »

Vous applaudissez, Messieurs, je vous remercie. Vous m'encouragez à poursuivre, je ne veux certainement pas tracer un programme à vos travaux. Ces sortes de tentatives n'aboutissent jamais dans les Sociétés libres comme la vôtre. Mais, puisque vous m'avez si bienveillamment suivi dans mes appréciations, je me sens autorisé à me placer au point de vue généralisateur que j'ai signalé et à y marquer les vraisemblances ou les possibilités de vos occupations prochaines.

Vous ne resterez pas indifférents cette année à deux grosses tentatives de communications internationales. L'une commence à s'engager véritablement : c'est le tunnel sous la Manche. Je croyais encore, il y a un mois, qu'en Angleterre, les choses marchaient mal et qu'on oubliait cette question; mais j'ai récemment vu qu'il n'en était rien. Les esprits se sont

réchauffés à l'égard du tunnel, de l'autre côté du détroit. Ce sont, je crois, les Anglais, qui vont nous pousser. Ils en sont maintenant à examiner comment on organisera le service dans le tunnel. Ils disent : nous ne voulons pas de vapeur. J'ai répondu : Non, non, c'est bien entendu, pas de vapeur. (*Rires.*)

Le percement de l'isthme de Panama ne vous laissera pas tranquilles, non plus. L'entreprise est rude et difficile. Mais, quelles que soient les opinions de la veille, l'œuvre est amorcée, et elle se fera. Car, dans ce siècle, tout ce qui se commence en cet ordre de choses, s'achève tôt ou tard, par un moyen ou par un autre. Et c'est de ces moyens encore incertains que vous aurez à connaître.

Messieurs, voulez-vous me permettre de passer à une idée inverse. Je viens de parler des édifices construits à poste fixe. Je voudrais dire quelques mots des édifices en mouvement : des machines et du travail mécanique.

L'Exposition d'électricité que notre collègue, M. Mathieu, vient de nous rappeler avec tant de soin, de méthode, et où il a glissé tant de souvenirs intéressants, soulève une question de premier ordre. J'étais, il y a quelques jours, chez M. Siemens, qui a eu l'obligeance de me garder vingt-quatre heures dans sa propriété de Sherwood. Le soir, j'ai vu le soleil électrique de M. Siemens éclairant les plantes de ses serres. C'est là, qu'avec une régularité remarquable, il fait pousser et mûrir des fraises en plein hiver. Il les montre avec passion, car il les aime beaucoup. On constate aisément que la tonalité du feuillage est beaucoup plus soutenue que dans les plants libres, que la tige est plus forte et que la fleur est beaucoup plus étalée. M. Siemens prétend que le fruit mûr est plus savoureux que la fraise ordinaire. Je ne doutais pas de la véracité du palais expérimenté de M. Siemens. Mais je me demandais, si des fraisiers qui porteront fruit quatre fois l'an fructifieront pendant autant d'années que des plants moins surmenés. Il est vrai que j'étais venu là pour recueillir un de ces étonnements comme l'électricité nous en ménage tant, et non pour philosopher sur la durée des fraisiers. Il ne manqua rien à ma satisfaction quand j'eus visité le jardinier administrant et menant au voisinage le petit générateur du soleil de nuit.

Le lendemain nous étions de bonne heure en marche dans le parc de Sherwood. Au milieu de ces paysages anglais si bien entretenus, si bien peignés, si bien encadrés, de ces gazons toujours rasés de frais, la nature a fait le sacrifice de ses grandes attractions. On est toujours au point pour observer une scène locale ou un phénomène préparé. Avec quel intérêt je suivais de l'œil les fils de fer des clôtures du bétail dans les prés ! C'étaient là, à vrai dire, les courroies de transmission électrique du travail que nous allions rencontrer à 900 mètres de distance du générateur, à 70 mètres plus bas dans la propriété. En cet endroit, il mettait en mouvement la pompe qui élevait à l'habitation l'eau pure d'une source. Dans un autre point de

la propriété on le retrouvait encore. Il hachait du foin. Comme nous, le vagabond, avait traversé les champs !

Voilà, Messieurs, l'intéressante application qui occupera plus d'une fois vos soirées. Vous avez ici même, récemment entendu une discussion très animée sur ce sujet. On vous avait exposé que le travail transporté par l'électricité n'est pas affecté par la distance. J'espère bien que M. Marcel Deprez, viendra nous reparler de la démonstration saisissante qu'il vient de publier et de sa formule si claire : *Le rendement du travail mécanique reste constant, quelle que soit la distance; mais pourvu que les forces électriques électro-motrices, positives et négatives restent proportionnelles à la racine carrée de la résistanee du circuit.* Sous cette forme-là, la question prend des airs de sociabilité mécanique qu'elle ne paraissait pas avoir d'abord. M. Marché, qui le premier a cherché devant vous à repérer le vieux langage mécanique avec les nouveaux usages qu'en font les électriciens, s'y doit trouver plus à l'aise et il nous le dira certainement. Je compte particulièrement sur M. Tresca. Il n'est pas ici aujourd'hui; mais je sais qu'il a fait des expériences très curieuses à l'Exposition, et je ne doute pas qu'il nous en apporte le fructueux commentaire.

J'aborde, Messieurs, une question redoutable à laquelle vous n'échapperez pas. Vous vous êtes occupés il y a deux ans, avec une grande compétence et une grande diversité de points de vue, du rachat des chemins de fer. Il ne faudrait pas croire que vous l'avez épuisée. Elle vous reprendra ; elle s'imposera à vous prochainement. Mais pourquoi m'entendez-vous la caractériser redoutable ?

Vous êtes en wagon à côté d'un parlementaire ou d'un homme d'État. Le train s'attarde. On n'arrivera pas à l'heure. Le cours que prend naturellement la conversation, vous le devinez. « Monsieur, vous dit votre voisin, ces compagnies ne vont pas; elles sont impuissantes. Il faut que l'État rachète les chemins de fer. Conçoit-on qu'il y ait encore des gens raisonnables qui discutent cette fin nécessaire ? » Vous vous efforcez de découvrir les solides considérations qui étayent cette ferme conviction. Vaine tentative ! Mais vous vous dites tout bas : « C'est singulier, il n'y a pourtant qu'un instant qu'il comparait l'intendance à un véritable chaos ! »

Vous riez, Messieurs. Vous avez tort. La personne que je laisse parler devant vous n'est pas un homme sans études, et je vous certifie qu'il est très persuasif quand il déplore les cent millions de francs que l'État a dépensés depuis dix ans pour construire les casernes nécessaires à notre nouvelle armée; quand il décrit ces constructions massives enfermant sous le même toit 40,000 mètres cubes de vide ou de matériaux calfeutrés comme à plaisir pour conserver l'infection des contingents successifs qui viendront y déposer les effluves malsaines de leur séjour; quand il dépeint le personnel auquel a été dévolu le soin de refaire notre casernement, personnel si respectable en lui-même, mais si aveugle aux évidences consacrées et ressassées du dehors. Je vous fais encore sourire ! Et pourtant je vous assure,

Messieurs, que je me sens très anxieux des intérêts de mon pays quand je songe au sujet que je vous présente. Je m'effraye de la violence du courant qui traverse les airs, et c'est cette force inconsciente que je viens d'essayer de vous indiquer. Mon Dieu, je sais bien que vous avez fourni ici une riche collection d'arguments techniques, économiques et critiques qui contre-battent les projets de rachat des chemins de fer. Je sais bien que l'enquête sur les chemins italiens présidée par M. le sénateur Brioschi enrichira encore vos arguments. Je sais bien que M. Léon Say vient de publier une très remarquable et très fine étude, qui projette un rayon de lumière nationale sur le côté financier de la question. Mais tout cela ne suffit pas.

Laissez-moi tenter de vous donner la mesure de ma préoccupation. Vous la trouverez sentimentale, si vous voulez. Elle n'en est pas moins grave. Cela me ramène encore à Londres. J'y causais en confiance avec de vieux amis dont je ne puis suspecter ni la bonne foi, ni la sympathie pour mon pays, ni la franchise des applaudissements qu'ils décernent à nos efforts. Nous parlions de la France, après nous être entretenus de l'Irlande. J'avais émis mon opinion sur le rachat des chemins de fer. L'un d'eux me mit la main sur l'épaule et me dit : « Mon ami, vous vous trompez, vous rachèterez les chemins de fer, parce que vous ne pourrez pas faire autrement. — Comment, c'est vous, Anglais, qui me dites cela. — Il reprit: « Vous avez créé les monopoles de Compagnies, ce qui n'est ni la liberté expansive, ni la garantie gouvernementale. Vous y rencontrez tous les défauts de la liberté et tous les défauts de l'État. Vous voulez finir vos chemins, vous n'y arrivez pas. Votre système de réseaux successifs est impuissant. Et, pourtant, vous n'en pouvez rester là. Il faut que vous acheviez au plus tôt le drainage de votre richesse nationale, dans les contrées encore délaissées. D'ailleurs, la même condition pèse sur toutes les contrées de l'Europe ; et votre adversaire, soyez-en sûr, fera son rachat de chemins de fer. Il ferait plutôt la guerre à l'Italie que de renoncer à cet instrument de guerre. »

Je n'ai pas besoin de vous dire que ce ne sont pas là mes idées. Mais c'est un témoignage, et je l'apporte ici, parce que je l'envisage comme une indication salutaire. Je crois que le temps des dissertations, autour de la question du rachat est passé. Je crois qu'il faut envisager cette proposition en face et la traiter en elle-même et totalement. Pourquoi racheter ? — Est-ce pour finir le réseau ? — Est-ce pour concentrer l'instrument de défense territoriale aux mains de l'État ? — Voilà les questions vives. Résolvez-les. Vous le pouvez, et vous seuls le pouvez. Mais, c'est à la condition que vous n'imposerez pas de sourdine à vos compétences. Alors vous reconnaîtrez que les compagnies de réseau ont leur côté faible. Quel est le système qui n'en a pas ? Vous montrerez que, si elles sont justement arrivées à la période critique de leur intervention, elles peuvent se prêter à des solutions moins désastreuses que celles qui se sont produites dans les pays de liberté illimitée, et plus efficaces que le remède du rachat. Cela vous engage non seulement à discuter, mais à *formuler les moyens*. Ainsi seulement on entrevoit la vraie fin d'une question qui est énervante pour le pays et qui resterait

redoutable, si vous vous réserviez. Je ne saurais trop insister sur le beau rôle qui incombe ici à la Société, rôle de savoir, d'expérience et de civisme. Vous ne voudrez pas y faire défaut.

Voici, Messieurs, un ordre de questions moins ardentes, mais bien lamentables en leur passé paresseux. J'entends parler de la valeur et de la sécurité du territoire, de l'utilisation et du régime des eaux. Qu'il y a longtemps que Polonceau le père, Thomé de Gamond, Surell et d'autres ont exploré ce grand sujet qui se rattache par tant de points à la prospérité nationale! Mais aussi, que d'arriéré dans les solutions! Nous sommes ici en face d'une des questions qui montrent le mieux l'insuffisance des applications morcelées et l'impérieuse nécessité des doctrines générales. C'est pour n'avoir pas constitué et adopté une théorie d'ensemble de l'aménagement des eaux sur le territoire français que les deniers publics ont été si infructueusement employés dans les services hydrauliques depuis cinquante ans. C'est parce qu'on s'est successivement et isolément occupé de canaux, de fixation du cours des rivières, de défenses contre les crues, de desséchements partiels et d'irrigations locales que notre sol est encore aussi pauvrement aménagé ou protégé. On s'est certainement donné beaucoup de peine, on a dépensé beaucoup d'argent, on s'est fort ingénié ; mais, à part quelques résultats remarquables, comme l'assèchement des Landes de Gascogne, les opérations ont été médiocres et elles n'ont trop souvent abouti qu'à des déceptions, comme on l'a vu sur nos fleuves. Il eût fallu tout subordonner à l'étude complète du territoire. On commence depuis quelques années à combattre la ruine dans les cimes, à dégager les plateaux, à réduire le désordre dans les bassins, à surveiller les bouches des fleuves. Mais on est loin encore d'apprécier l'urgence qu'il y a à alanguir les eaux sur les crêtes secondaires, à les y rendre paresseuses et, par là, très utilisables à la fécondation du sol et impropres aux soudaines inondations si dangereuses pour les vallées.

Vous avez déjà entendu, Messieurs, des communications faites avec grand talent sur ces sujets par M. Cotard, que je vois devant moi. Il s'est fait le promoteur des grandes vues sur l'aménagement des eaux. Ses succès l'autorisent à réoccuper notre tribune. Je l'invite à ne pas lâcher prise et à compléter ses exposés. J'invite aussi M. Ronna, si compétent et si écouté partout où il parle, à nous apporter ses vues sur la bonification du sol. Les circonstances sont favorables. Avec la nouvelle division de nos Ministères, voici que la haute administration accuse hautement sa résolution d'organiser des services propres à l'amélioration de l'atelier agricole. Les journaux vous ont appris que, dans une commission de Finances et répondant à un ancien Ministre, M. le sous-secrétaire d'Etat Caze, avait déclaré que le département de l'agriculture entendait utiliser les talents des ingénieurs des ponts et chaussées; mais qu'il projetait en même temps de constituer un corps d'ingénieurs hydrauliciens composé de Forestiers et d'Ingénieurs civils. C'est là une bonne nouvelle pour cette Société, Mes-

sieurs. Le champ des travaux qui s'indiquent ici est si vaste qu'il y a certainement place à l'activité de toutes les compétences; mais la porte qui s'ouvre devant vous est proportionnée à la largeur de l'œuvre.

C'est bien de se préoccuper du territoire national. Il faut aussi penser à la capitale. C'est un gros organe très compliqué qu'une capitale. Quand on songe que Paris contient la dix-septième partie de la population totale du pays, que 2,200,000 habitants y pressent leurs logements rétrécis les uns contre les autres, qu'ils y vivent en communauté d'atmosphère gênée dans ses courants, qu'ils y déversent les produits gazeux, liquides ou solides de leurs déjections vitales; quand on songe que ce milieu recèle l'activité la plus vive et la plus soutenue de l'Etat, et que ces conditions s'aggravent sans cesse, on comprend que les rapports, la sécurité, la santé de cette population commandent des soins particuliers et des dispositions locales qui sont de salut commun.

Les communications entre les diverses parties de la ville sont depuis longtemps devenues très laborieuses. A la circulation pédestre s'est ajoutée celle des voitures libres, privées ou publiques, et celle des omnibus. Puis l'espace a manqué sur les voies; on a repercé la cité. Enfin on a sillonné les grandes rues de tramways. Ils rendent d'éminents services à la circulation laborieuse; mais ils encombrent la voie, la troublent et menacent sa sécurité. On aurait peut-être pu laisser les chaussées libres sur les principales artères et rejeter les tramways, par voie montante et voie descendante, à droite et à gauche sur les rues parallèles secondaires. Mais le problème n'a pas été mené de la sorte, et l'on ne peut nier l'urgence d'améliorer ou de modifier l'état actuel. Cette question de circulation parisienne est bien digne de votre attention. Elle est riche de documents, d'idées émises, de projets divers. Chemins souterrains, chemins aériens ont lutté d'arguments. Mais tout cela est resté confus et incomplet. Si vous repreniez les données du problème en les ordonnant : — dégagement et apaisement des chaussées; — conservation des ressources d'aération et d'éclairage diurne, dont Paris profite encore dans ses percées, quand tant de villes importantes en ont fait le triste sacrifice; — isolement absolu des voies de circulation rapide. — Si vous repreniez ainsi la question, vous dégageriez les conclusions qui font encore défaut au remède attendu.

N'êtes-vous pas encore tout frémissants d'horreur, Messieurs? N'est-ce pas hier qu'a brûlé le Ring-Théâtre? Quelle catastrophe! Celle-là est affreuse. Mais pensez à la fréquence des incendies de théâtres. Ils sèment nos grandes villes de dangers permanents. Peut-on réduire ceux-ci? Grosse question de sécurité municipale; problème difficile. On s'en rend bien compte. Le théâtre moderne n'est plus le théâtre antique avec son vaste ciel ouvert et sa pierreuse construction. C'est une petite scène fermée sur laquelle les spectateurs sont groupés au plus près. Ils y braquent leurs lorgnettes; car ils sont toujours trop distants pour satisfaire leur curiosité avide des moindres

finesses de jeu. Notez que, si la scène est musicale, les parois de la salle seront revêtues de bois ou de matériaux combustibles. L'édifice est donc une botte assez haute, très fermée, très pleine, et autour de laquelle s'enceignent des couloirs superposés. Si l'incendie se produit, il n'est pas aisé de concevoir les dispositions qui mettront en communication prompte un public affolé avec la chaussée extérieure. Il y a, toutefois, lieu de fixer au plus tôt les idées auxquelles on doit s'arrêter dans l'agencement des escaliers abducteurs des théâtres; et c'est là une question qui engage presqu'autant l'ingénieur que l'architecte.

J'ai réservé jusqu'ici ce qui concerne la salubrité des villes. Le sujet est si gros, si varié ! Je n'en toucherai que les chapitres, dont l'intérêt est actuel. Il n'y a pas de grande cité qui n'ait à se préoccuper aujourd'hui d'expulser ses déjections. Vous avez entendu l'an dernier M. Dallot traiter ce sujet; M. Durand Claye l'a éclairé devant vous de sa grande expérience. Je l'ai moi-même discuté avec vous. Mais la grandeur des opérations qui le nourrissent, la diversité des intérêts qu'il engage ou qu'il menace, le compliquent singulièrement et attardent les solutions parisiennes. Vous y interviendriez utilement dans un nouvel et sérieux examen qui dévoilerait à nos conseillers municipaux l'urgence qui pèse sur l'achèvement de notre beau réseau d'égout. Cette question, qui touche de si près à la santé de tous, ménage des surprises bien inattendues quand on en fait l'étude comparative dans les différents pays. Mais c'est surtout à Londres que le contraste est frappant. Toutes les objections que nous avons épuisées chez nous, on les y rencontre vivaces, de même que toutes celles qui persistent chez nous ont perdu leur crédit chez eux. Les choses n'en marchent ainsi guère plus vite d'un côté que de l'autre. Et m'est avis qu'en cela comme en beaucoup d'autres choses, nous pratiquons l'échange de nos défauts en laissant en chemin les qualités réciproques. (*Rires.*)

Il se fait en ce moment partout un grand effort pour éclairer nos voies publiques par l'électricité. Si cette source de lumière réalise toutes les économies qu'on nous promet, si nous pouvons disposer de foyers lumineux énergiques et peu coûteux, nous trouverons en eux des éclairages tout à fait nouveaux et bienfaisants. Mais il faudra pour cela deux choses. Il faudra d'abord ne plus s'efforcer, comme on le fait, de morceler les sources de lumière, ce qui réduit notablement l'économie et ruine la qualité de l'éclairage. Il faudra ensuite, au lieu de tâtonner fastidieusement des solutions, éloigner les foyers des yeux des observateurs, et ménager la rencontre méthodique des deux facteurs de l'éclairage : *la lumière et l'objet à éclairer*. Avec des sources lumineuses économiques, on peut très bien appliquer cette règle. Du reste, tous les essais faits tournent autour d'elle. Depuis qu'on essaye la lumière électrique dans les rues, on voit se hausser les candélabres qui portent les foyers; mais c'est fait timidement et sans suite. Dans ces tentatives c'est le consommateur surtout qui est l'obstacle. Il a des habitudes et point de notions. Les vieux petits becs de gaz qui sont près

de ses yeux et qui les éblouissent l'empêchent de voir les objets voisins du foyer. Mais il a accepté ce petit supplice. Si on élève ce foyer au-dessus de la vue de position naturelle en forçant l'intensité lumineuse, il ne sait pas jouir du bien-être qu'il a gagné dans le dégagement de la scène éclairée, mais il regarde le centre éclairant et se plaint de son énergie. L'œil n'est pourtant pas fait pour regarder des sources de lumière. Il est fait, uniquement fait pour voir, en se délectant, les scènes bien éclairées, c'est-à-dire des phénomènes plastiques résultant de la rencontre de la lumière et des objets. Il y a bien des années que je professe ces choses simples; mais avec peu de succès, je le reconnais. Aussi je ne m'étonne pas d'entendre tous les jours des personnes très intelligentes déclarer que l'éclairage de la place du Carrousel avec son magnifique portant de vingt mètres est très mauvais. Elles ont été là hier ou l'autre jour, elles ont passé les guichets et bien vite braqué leur vue là-haut. « Mon Dieu ! que c'est fatiguant cet éclairage-là » s'écrient-elles; puis elles s'en retournent... Elles n'ont oublié qu'une chose, c'est de regarder la place qu'on a éclairée et de ne pas regarder l'arc voltaïque, qu'on a soigneusement éloigné de leur vue. Je crois, Messieurs, que vous avez beaucoup à dire sur ce sujet.

J'ai souvent fait de grandes diligences pour engager ici et à la Société de médecine publique l'étude et la théorie du chauffage et de l'aération des édifices privés ou publiques. Je n'ai guère réussi qu'à introduire des programmes. La question est pourtant de première urgence. Nous sommes insalubrement chauffés et aérés dans les lieux que nous habitons l'hiver. Il faut le reconnaître et savoir se le dire. Cela est délicat, je le sais; et plus délicat pour moi que pour tout autre peut-être. Mais l'étude et l'amour de la vérité créent des devoirs que rien n'autorise à trahir. Assurément personne ne pourra m'accuser de vouloir diminuer mes maîtres. Ma reconnaissance les a toujours hautement et chaleureusement honorés. Péclet a été mon maître et il a laissé un livre magistral. Le général Morin a été comme un second père pour moi, et il a produit des travaux considérables dans l'application dont je vous entretiens. C'est à eux que nous devons, mais surtout au premier, le mode de chauffage et de ventilation qui s'est imposé partout. En gardant mon estime entière pour la documentation expérimentale ou théorique qu'ils ont produite ou servie, je n'hésite pas à professer qu'ils se sont trompés dans la position du problème. De là le vice de la solution. Tout Paris est chauffé à l'air chaud et c'est l'air chauffant qui constitue, renouvelle et entretient l'atmosphère respirable... Voilà le mal ! Il est facile de montrer que nous devons respirer de l'air frais, c'est-à-dire dense, c'est-à-dire portant beaucoup d'oxygène au mètre cube. Il est facile de montrer que le corps doit être, au contraire, maintenu à sa température normale par un complément de température artificielle quand il fait froid. Il n'y a que des rayonnements calorifiques qui puissent fournir cet avantage. L'air chauffé ne fût-il pas condamné par son insuffisance pour la respiration, qu'il resterait incapable de maintenir la température du corps dans

des vaisseaux à parois non chauffées. Il faut chauffer au moins partiellement les parois de nos habitations. Je ne puis qu'indiquer la marche de cette étude. Celle-ci s'impose. Elle s'impose par mille considérations dont je ne vous ai donné que les plus saillantes. Remarquez, pourtant, Messieurs, quelle vilaine chose nous respirons l'hiver en vivant au milieu d'une atmosphère alimentée par les conduits ténébreux qui débitent pendant dix, vingt et trente ans l'air chauffé au calorifère. Quelle poussière y a-t-il là et que s'y passe-t-il? Qui le sait? En tous cas nous n'aimons plus les poussières en 1882. La science nous a appris pourquoi.

Combien d'autres sujets se classeraient encore dans ce chapitre de la salubrité des villes! Ne voilà-t-il pas les Anglais qui tentent de réduire l'affreux brouillard au milieu duquel leur capitale est condamnée à vivre l'hiver. Mais l'heure a parlé. Je m'arrête. Permettez-moi de clore mon premier acte de présidence par une sollicitation générale de vos efforts. Vous n'emplirez certainement pas le cadre énorme que je viens de tracer; et ma pensée n'a pas été de vous y engager. Je n'ai voulu que tourner un instant vos esprits vers la partie de votre domaine qui paraît préoccuper aujourd'hui l'attention publique. Votre bienveillance me montre que votre attention ne s'en est pas fatiguée. Je vous en remercie. Je ne voudrais pourtant pas terminer ainsi. En témoignage de la reconnaissance que je vous ai, je voudrais vous livrer un secret que j'ai toujours gardé en moi. Il y a dix ans que je me suis fait le serment de ne jamais ouvrir un livre et de ne jamais paraître devant un auditoire sans penser tout bas que j'appartenais à une génération qui avait reçu de ses pères une France avec des frontières correctes, et qui s'était laissé enlever un cinquantième de son territoire et un vingtième de ses concitoyens. Ne jamais oublier cela ne suffit pas. Il faut travailler à la réparation, et, quel que soit l'avenir, dès maintenant et tous les jours, étendre le territoire intellectuel et grandir le fonds moral. Sous le couvert de cette pensée que vous reconnaissez pour patriotique, je vous demande, Messieurs, que vos études, vos communications, vos discussions s'élèvent haut, qu'elles visent les principes généraux et qu'elles se relient autant que possible aux questions d'ensemble que pose la Patrie. (*Applaudissements prolongés.*)

Les procès-verbaux des séances des 2 et 16 décembre sont adoptés.

M. LE PRÉSIDENT fait part des promotions et des nominations dans l'ordre de la Légion d'honneur. Officiers: MM. Crampton, Pontzen, Regray et Siemens. Chevaliers: MM. Achard, Aylmer, Banderali, Boistel, Breguet, Carré, Carpentier, Fontaine, Fortin, Herrmann (Louis), Ghesquière Diericx, Jousselin, Lemonnier (Hyppolite), Menier (Henri), Mors, Parent (Louis) et Studer.

J'ai eu le bonheur, étant l'hôte de M. Siemens, de me trouver chez lui au moment où il venait d'être promu au grade d'officier. Il me ramenait de Londres avec mon ami, M. Herscher. Il me confia en route qu'il apportait à sa femme la croix d'officier de la Légion d'honneur. Au moment

où il a donné cette croix à Madame Siemens, je me suis permis de lui donner ma rosette...

Messieurs, j'ai reçu de mon vieux camarade, de notre savant collègue, M. Yvon Villarceau, notre ancien président, une note sur la forme la plus convenable à donner aux aubes dans les roues hydrauliques à aubes courbes et aux courbes directrices dans les turbines. M. Yvon Villarceau nous demande de vouloir bien insérer cette note, qui ne peut donner lieu à aucune discussion. Je pense que personne n'a d'objection. Cette insertion sera faite au prochain numéro du Bulletin.

La séance est levée à dix heures et demie.

Séance du 20 Janvier 1882.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE TRÉLAT.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 6 janvier est adopté.

M. LE PRÉSIDENT annonce la nomination de MM. Cotard et Ronna comme membres du Comité agricole près le ministère de l'Agriculture, et celle de M. Lavalard comme membre de la commission de la production chevaline, instituée au même ministère.

Il est donné lecture de la lettre suivante de M. Seyrig :

« Monsieur le Président,

« J'étais absent de Paris au moment de la séance du 18 novembre dernier, et je n'ai connu que par la publication du Bulletin, le procès-verbal de cette séance, ainsi que la lettre de M. Bodin qu'il contient. Je suis mis en cause par notre Collègue avec trop de persistance pour ne pas vous demander la permission de rectifier ses assertions à mon égard.

« Selon M. Bodin, j'aurais dit, dans ma communication sur le pont du Douro, que le prix en était de 59 fr. 20, par mètre carré d'élévation. Ce que j'ai dit, c'est que les projets de concours, rédigés pour la construction de cet ouvrage sur les données d'un programme unique, conduisaient à des prix variant depuis 169 fr. à 59 fr. 20 par mètre. Si ce dernier prix, pour le projet exécuté, a été augmenté dans la suite, c'est par des raisons tout autres que celles qui pourraient être des conséquences du type en arc adopté. Je veux dire que ces majorations proviennent d'additions non

prévues au projet primitif, ou d'augmentations dans les dimensions de l'ouvrage. Je n'ai donc point fait d'erreur ainsi que le soutient M. Bodin.

« Notre Collègue veut absolument prouver que le type d'arches à grande portée n'est pas le plus économique pour franchir des ravins larges et profonds à la fois. Il me semble qu'il est impossible de rien dire d'absolu à cet égard et que tout dépend de la configuration précise du terrain. Toujours est-il que les faits les plus récents semblent contredire son assertion, car au concours pour la construction d'un second pont sur le Douro, en un point voisin du premier, le seul projet à tablier droit et à piles multiples a été loin de se présenter avec l'avantage économique qu'il lui attribue. Ce n'est certainement pas un argument en faveur de sa thèse.

« Veuillez agréer, Monsieur le Président, etc., etc. T. Seyrig.

M. le Président annonce qu'il a reçu de M. de La Motte, deux cents exemplaires d'une note que la Société d'études du Nil, vient de faire publier sur les études qu'elle compte faire faire au Nil par ses ingénieurs. Les membres de notre Société que cette question intéresse pourront se procurer un exemplaire de cette note à notre secrétariat.

La parole est à M. Cotard pour sa communication sur la Théorie générale de l'aménagement des eaux dans ses applications aux travaux d'amélioration de la navigabilité des cours d'eau.

M. Cotard. Dans une précédente communication, faite en novembre 1879, je vous ai présenté un Essai de *Théorie générale de l'aménagement des eaux* ayant pour but de coordonner dans une même vue d'ensemble les divers phénomènes relatifs au mouvement des eaux à la surface du sol, en indiquant les causes qui les produisent, les lois qui les régissent, et les résultats à attendre de leur évolution naturelle.

J'ai cherché à établir que ces phénomènes, qui ont eu une si grande part dans la formation de l'écorce terrestre et dans la configuration des continents, continuaient à exercer leur action sous nos propres yeux et que la main de l'homme pouvait n'être pas sans influence pour accélérer ou retarder, combattre ou utiliser leurs effets.

C'est à ce dernier point de vue surtout que l'art de l'ingénieur doit envisager l'étude des forces de la nature, car ces forces sont la source féconde où la science peut sans cesse puiser des ressources nouvelles pour augmenter nos moyens d'action et améliorer nos conditions d'existence.

On a toujours eu la notion du rôle indispensable que jouent les eaux dans la végétation des plantes et dans l'entretien de la vie. Depuis les temps les plus reculés, on a tenté d'utiliser leur action fertilisante pour la culture des terres, leurs cours naturels comme voies de communications et de transport. Et cependant, le régime des eaux, abandonné à lui-même, loin d'être mieux approprié aujourd'hui à nos besoins, s'est modifié sur beaucoup de points d'une manière défavorable. D'immenses contrées,

autrefois peuplées et fertiles, sont aujourd'hui complètement désertes. Même dans nos pays tempérés, l'agriculture souffre de sécheresses persistantes; les étiages des rivières s'abaissent et les crues sont toujours aussi redoutables.

Un tel état de choses tend-il à rester stationnaire ou à s'aggraver? L'action humaine est-elle impuissante devant ces grands phénomènes de la physique terrestre ou bien peut-elle employer ces forces naturelles à modifier elles-mêmes, à notre profit, les effets qu'elles produisent?

C'est en vue de répondre à ces intéressantes questions que j'avais indiqué la nécessité d'examiner tout d'abord, dans toute sa généralité, le phénomène de la circulation des eaux et que j'ai tenté un essai de théorie générale.

Je voudrais maintenant reprendre avec vous cet examen en cherchant si cette théorie se vérifie et se corrobore par les faits dans ses diverses applications pratiques.

Je me propose de prendre aujourd'hui pour exemple les travaux entrepris pour l'amélioration de la navigabilité des rivières. J'espère vous montrer qu'une telle théorie peut tout au moins fournir des renseignements précieux pour la direction à donner à ces travaux, conçus jusqu'à présent sans aucune préoccupation du problème général à résoudre. Mais, avant d'aborder ce sujet spécial, il est nécessaire que je rappelle ici sommairement les principes de la théorie que je vous ai précédemment exposés.

I

Bien qu'il soit fort téméraire de prétendre définir sous forme de *lois* des phénomènes aussi complexes que ceux du mouvement et de l'action des eaux à la surface du sol, j'avais tenté cependant, de grouper ces phénomènes dans une courte formule; je vais vous la rappeler, car si cette formule prête en quelques points à la critique, elle aura du moins l'avantage de résumer en peu de mots la théorie dont il s'agit, sans que j'aie à en reproduire de nouveau l'exposé détaillé.

Voici cette formule :

I. Tout cours d'eau, à la première phase de son évolution, est représenté par une série de lacs étagés les uns au-dessus des autres et limités par une enceinte montagneuse dont la rupture ou l'érosion, au point le plus bas, fait communiquer, par un seuil, le lac qu'elle circonscrit avec celui qui lui est immédiatement inférieur et entraîne, par cela même, l'abaissement du niveau de ses eaux.

II. Dans une seconde période, par suite de cet abaissement du niveau, le fond des lacs, exhaussé d'ailleurs par les alluvions, est peu à peu laissé à découvert et raviné par les eaux : chaque bassin présente alors un système

de cours d'eau proprement dits gagnant par la voie la plus courte le fond des vallées pour y former un courant principal qui, franchissant dans des gorges plus ou moins profondes les seuils séparatifs des anciens lacs, se précipite vers la partie inférieure du bassin où il porte ses attérissements.

III. Dans une dernière période, l'érosion continue des seuils, en épuisant les réservoirs qui servaient de régulateurs, produit le régime intermittent et torrentiel et amène quelquefois, par le desséchement et la dénudation des parties élevées du sol, l'épuisement partiel ou total des cours d'eau, et finalement, dans certains cas, l'apparition du désert.

Sans reprendre ici tous les arguments que je vous ai déjà présentés à l'appui de cette théorie, je vous en rappellerai cependant quelques-uns.

L'existence d'une première période de lacs est clairement démontrée par la configuration orographique de la plupart des bassins.

Ces bassins présentent, en effet, une série de dépressions juxtaposées réunies entre elles par des défilés plus ou moins étroits. Cette configuration, qui a dû résulter tout d'abord des phénomènes qui ont présidé aux mouvements généraux de l'écorce terrestre, peut être attribuée aussi, dans une certaine mesure, à l'action même des eaux, car elle se manifeste dans les moindres vallées et se retrouve dans le lit même des cours d'eau qui présentent une succession de parties larges et profondes où l'eau est relativement tranquille et de parties étroites ou de hauts fonds où le courant s'accélère.

Nous pouvons citer, à ce sujet et comme exemple, la description que donne, du lit du Rhône, M. l'ingénieur Pasqueau, dans un remarquable rapport dont nous reparlerons plus loin.

Quand on parcourt le Rhône en batelet, par des eaux très basses, dit cet ingénieur, on est frappé de voir que l'eau, au lieu de suivre une pente continue, forme une série de lacs séparés par des rapides, par de véritables cascades dont les lignes brillantes séparent nettement les masses sombres des parties profondes. On remarque, en même temps, que le batelet avance à peine dans les mouilles et qu'il se précipite comme sur une cataracte quand il passe sur les hauts fonds, de telle sorte que la pente superficielle du fleuve est concentrée presque tout entière sur les mauvais passages. Si on examine, de plus, la forme et la profondeur du lit, on observe que le fond du Rhône, loin d'être à peu près régulier, présente une série de fosses séparées par des seuils.

Ce phénomène peut s'observer sur tous les cours d'eau, même sur les plus petits, et jusque sur les moindres filets d'eau qui ruissellent sur le sol en temps de pluie. A ce point de vue, les cours d'eau reproduisent donc le système des lacs superposés réunis entre eux par des rapides

De nombreux exemples existent encore, d'ailleurs, de cette période de lacs et de l'usure progressive de leurs seuils séparatifs. L'un des plus frappants est celui des chutes du Niagara. L'éminent géologue Lyell estime que la chute de la cataracte était primitivement d'une hauteur double,

et il évalue son recul à un minimum de trente mètres par siècle. On conçoit que ces chutes, qui ont déja rétrogradé de onze kilomètres depuis l'escarpement qui domine le lac Ontario, finiront par atteindre les abords du lac Erié et par rompre ainsi la barrière qui sépare encore les deux lacs. A ce moment, le lac Erié subira un abaissement sans doute assez brusque en laissant sur ses bords la marque horizontale de ses eaux sous forme d'une sorte de terrasse semblable à celles que l'on a observées sur les coteaux qui entourent certains lacs, et que Lyell comparait à des gradins d'amphithéâtre. Ces terrasses, étagées à différentes hauteurs, ne sont autre chose que les restes d'anciens rivages et attestent à la fois l'existence et l'abaissement des anciens lacs. On retrouve aussi, en remontant le lit des rivières aboutissant à ces lacs, la trace des anciens cônes de déjection qui s'étaient formés à leur embouchure. Plusieurs dépôts de ce genre ont été observés dans la vallée de la Tinière, qui se jette dans le lac de Genève, non loin de Villeneuve. L'un d'eux est à 45 mètres au-dessus du niveau actuel du lac. Des pilotis lacustres découverts à d'assez grandes distances des bords actuels de certains lacs, montrent également que les eaux couvraient autrefois de plus grands espaces.

La seconde période est caractérisée par l'état actuel de la plupart des bassins. Au lieu de lacs, ce sont des plaines plus ou moins étendues entourées de collines, séparées entre elles par des vallées étroites. C'est dans ces plaines que les cours d'eau devenus plus rapides, ont creusé leur lit et tracé leurs méandres d'autant plus accusés que le sol présentait moins de résistance, et qu'ils ont poursuivi leur œuvre de dénudation.

Dans les vallées étroites, les eaux heurtant et attaquant alternativement les deux rives ont produit les chevauchements et les entrecroisements de collines qui donnent aux pays accidentés des aspects aussi variés que pittoresques.

Les attérissements produits par l'usure des seuils et par les dénudations et les ravinements du sol se constatent aux embouchures des fleuves aussi bien que dans les anciens fonds de lacs aujourd'hui découverts. La masse de ces attérissements, qui sont formés des parties les plus fertiles du sol est telle qu'elle permet d'attribuer à cette action continue des eaux, combinée avec les mouvements généraux de l'écorce terrestre, le relief même des continents le creusement des plus grandes vallées et des dénudations qui ont atteint, en certains points, d'énormes épaisseurs. Si, remontant en arrière, dit M. Stanislas Meunier, dans son intéressant ouvrage sur les « Causes actuelles en géologie, » on cherche ce que deviendraient nos vallées remises en possession de toute la substance qu'elles ont perdue, on trouve que non seulement elles seraient comblées, mais que toute la surface continentale serait épaissie.

La troisième période, enfin, apparaît à divers degrés d'avancement dans beaucoup de bassins. Elle se manifeste d'abord par une irrégularité croissante dans le régime des eaux, un abaissement des étiages et une

diminution constante des débits minimum avec un écart de plus en plus grand entre les niveaux des basses et des hautes eaux.

Une telle modification dans le régime des fleuves est le résultat de l'action naturelle des eaux sur le sol ; mais elle a été notablement accélérée par la main de l'homme. Sans anticiper sur la question des travaux exécutés dans le lit des rivières, il convient de rappeler l'influence qu'ont aussi exercée les desséchements d'étangs, les curages de cours d'eau et de fossés et les assainissements de toutes sortes.

Beaucoup d'étangs qui faisaient l'office de régulateurs ayant disparu, les eaux que rien ne retient sur les pentes, se précipitent immédiatement dans les rivières ; les réserves s'épuisent, le niveau des eaux souterraines s'abaisse, les débits d'étiage diminuent et les courants produits par les pluies, augmentant sans cesse de violence, dénudent et ravinent le sol en occasionnant dans le fond des vallées principales des crues et des inondations, tandis que certaines vallées secondaires se dessèchent, et s'appauvrissent en terre végétale.

Il convient d'ajouter que, les courants s'accélérant à mesure que les retenues d'eau disparaissent, les dénudations deviennent de plus en plus actives ; elles s'exercent, en effet, sur de plus grandes surfaces exposées ainsi à la double action des pluies et de cours d'eau plus rapides.

M. Debove cite, dans son excellent « Manuel de l'Ingénieur, » l'exemple de la rivière de l'Œuf qui prend naissance dans la forêt d'Orléans et dont le débit va sans cesse en diminuant. Cette rivière, dit-il, offrait cependant naguère un état relativement prospère. Les squelettes de plusieurs usines sont là pour l'attester ; leurs déversoirs et leurs vannages subsistent, mais l'eau a disparu ; leurs roues sont suspendues au-dessus d'un lit qui n'est plus qu'un chemin creux. Les sources, dans cette région jadis pérennes, ont disparu ; on les retrouve à leur emplacement, mais à un mètre au moins au-dessous de leur orifice primitif. Si la rivière de l'Œuf est asséchée, cela tient uniquement à l'abaissement du niveau de la nappe souterraine.

Après avoir examiné les différentes causes auxquelles on peut attribuer l'épuisement de cette rivière, M. Debove ajoute que la forêt où elle a son origine et qui, d'après d'anciens documents était « très aquatique, » a été, dans ces derniers temps, assainie et percée de fossés qui livrent aux eaux pluviales un écoulement plus rapide. Il rappelle, en outre, que les nombreux étangs dont le pays était autrefois recouvert ont en partie disparu par suite des drainages et des travaux effectués pour l'écoulement des eaux superficielles.

A cet épuisement de certains cours d'eau correspond dans d'autres bassins un régime devenu tout à fait intermittent. Aussi voit-on, au bord de beaucoup de rivières, des prairies, qui devaient leur fertilité relative à des inondations régulières et d'une allure lente, exposées aujourd'hui à des crues plus fortes et plus fréquentes, ordinairement de peu de durée

mais arrivant aussitôt après chaque pluie et dans des saisons où elles occasionnent de graves dommages.

C'est dans le continent africain et en Orient que l'on trouve les exemples les plus nombreux et les plus saisissants de fleuves arrivés au dernier terme de leur évolution.

Plusieurs fleuves de l'Algérie, notamment, sont devenus des torrents intermittents depuis que leurs lacs supérieurs, qui faisaient autrefois l'office de réservoirs et de régulateurs, et dont il ne reste plus aujourd'hui que quelques chotts isolés, se sont vidés par suite de l'érosion des défilés qui les séparaient du versant du littoral.

Il suffirait sans doute de barrer ces défilés pour reconstituer en partie ces anciens lacs et créer ainsi de précieuses réserves d'eau.

Notre collègue M. Richard, délégué de la Société au Congrès de l'Association française, à Alger, a rapporté de sa mission des données très intéressantes, sur ces contrées qui appellent d'une manière si pressante la sollicitude des pouvoirs publics et les études des ingénieurs.

On peut encore citer l'immense fleuve de l'Igharghar, aujourd'hui totalement desséché et dont les attérissements dans le golfe de Gabès paraissent attester l'ancienne puissance.

M. de La Motte poursuit depuis plusieurs années avec persévérance une étude approfondie du bassin du Nil, qui sera, sous ce rapport, féconde en enseignements. M. de La Motte a déjà établi, d'après d'anciens repères et par le nivellement de certains territoires autrefois baignés par les eaux, que le régime du fleuve a passé successivement par les phases que nous venons de décrire, et que l'apparition du désert sur de grandes étendues autrefois fertiles a été le résultat inévitable des modifications qui se sont produites dans le régime des eaux, soit par leur action naturelle sur le sol soit par la main de l'homme. Nous voudrions indiquer ici les moyens proposés pour reconquérir et rendre à la culture ces vastes territoires devenus stériles; mais il faut nous borner au sujet qui nous occupe aujourd'hui.

Les considérations qui précèdent sont loin d'être acceptées par tous les ingénieurs. Il me suffira pour montrer le désaccord qui existe à ce sujet, de citer l'opinion d'un auteur qui a fait autorité en cette matière, de M. Depuit. Cet ingénieur ne craint pas de dire, dans son ouvrage sur le mouvement des eaux, à propos du rôle des lacs et des réservoirs, que « si le lac de Genève n'existait pas, il faudrait bien se garder de l'inventer. »

Une telle divergence de vues ne justifie-t-elle point la tentative, que nous faisons en ce moment, de jeter quelque lumière sur d'aussi importantes questions ?

Nous venons de rappeler, dans ses traits principaux, la théorie que nous avons tenté de formuler. Nous allons maintenant en faire l'application à la question qui fait l'objet spécial de cette communication, aux travaux d'amélioration des conditions de navigabilité des cours d'eau. C'est en

soumettant ainsi cette théorie au contrôle de ses diverses applications pratiques qu'il sera possible de la corroborer par l'expérience et d'en vérifier les principes.

II

Nous avons montré que les rivières présentent une série de biefs séparés par des chutes ou des rapides ; que, par l'action naturelle des eaux qui abaissent ces chutes et creusent ces rapides, les biefs se fractionnent et perdent de leur profondeur ; que les vitesses des courants et les faibles tirants d'eau, localisés d'abord en quelques points, se propagent et se multiplient, et que, par suite de l'épuisement progressif des reservoirs et des biefs supérieurs, le régime des cours d'eau tend à devenir de plus en plus irrégulier.

Si tel est le phénomène qui se produit, il est clair que le but à poursuivre est d'en combattre les effets qui ont pour conséquence de rendre les cours d'eau de moins en moins propres à la navigation. Nous allons voir que les travaux exécutés jusqu'à présent, dans beaucoup de cours d'eau, ont eu tout au contraire pour résultat d'accélérer cette action et de compromettre de la façon la plus grave toute possibilité d'amélioration ultérieure.

Pour apprécier l'influence qu'a pu exercer l'action humaine sur le régime des fleuves, il est intéressant de se reporter aux travaux exécutés dans l'antiquité ; ils permettent de constater leurs effets sur un laps de temps plus prolongé.

Les cours d'eau ont dû, dès l'origine, être utilisés comme de grandes voies de communication. Il est donc naturel que les premiers travaux aient eu pour but de faciliter le passage dans les chutes trop rapides. Des travaux de ce genre ont certainement été entrepris pour ouvrir un chenal à travers les cataractes du Nil. Voici ce qu'expose, à ce sujet, l'éminent égyptologue, M. Eugène Révillout, dans une note communiquée à la Société d'études du Nil récemment constituée.

Je crois, dit-il, comme M. de la Motte, à des changements successifs dans le régime des eaux du Nil par suite des travaux faits aux cataractes pour faciliter la navigation. M. Révillout cite, à l'appui de cette opinion, la disparition de l'île de Tacompso et du lac qui en était voisin, dont l'existence, à une certaine époque, est démontrée par le témoignage des historiens et par de nombreux documents. Actuellement, il n'y a plus ni île, ni lac. M. de la Motte dans son dernier voyage en Nubie a été assez heureux pour retrouver l'emplacement de cette île qui est maintenant en terre ferme. Le Nil ne l'entoure plus, pas plus du reste qu'il ne remplit le lac qui était en amont. Comment expliquer de pareils changements, dit M. Révillout, autrement que par le travail fait aux cataractes, travail que

toutes les générations ont pris à tâche de continuer? Cette île de Tacompso a probablement commencé à cesser d'être entourée d'eau quand les Romains voulurent partout rendre le Nil navigable et permettre ainsi à leurs vaisseaux de remonter jusqu'à leur *commilitium* de Nubie. Dioclétien finit par renoncer à ce commilitium nubien dont la décadence alla ensuite toujours en augmentant jusqu'à ce qu'il devint, par manque d'eau, presque partout un désert.

Il est curieux de rapprocher de ces faits celui de l'enfouissement des villes de Thèbes et de Memphis qui eut lieu vers la même époque, et dans un temps relativement si court qu'on ne saurait l'attribuer à l'exhaussement produit par le dépôt annuel des limons du fleuve. Deux siècles à peine séparent l'époque où ces deux grandes villes étaient encore florissantes et celle où l'histoire constate leur disparition. On a calculé cependant qu'il aurait fallu plus de dix mille ans pour que les dépôts réguliers du Nil aient pu former l'épaisseur de terre qui les recouvre. Entre le temps de la splendeur et celui de la ruine, dit M. de la Motte, le fleuve n'aurait pu, s'il avait continué son travail normal d'apport, élever le sol que de quelques pieds au plus. Il faut donc admettre que, pendant ce laps de temps, de terribles courants ont dû se produire et emporter une partie du territoire du haut du Nil pour le déposer plus bas.

Cette action destructive du fleuve ayant été contemporaine des travaux entrepris en vue de faciliter le passage des cataractes, il est permis d'attribuer à ces travaux leur part d'influence, sur les modifications survenues dans le régime du Nil.

L'étendue des territoires ainsi détruits ou abandonnés par les eaux est énorme. L'ancienne Égypte, jusqu'à Kartoum, comptait près de vingt millions d'hectares de terres cultivables, c'est-à-dire arrosées.

La ruine progressive des cataractes, due, soit à l'action des eaux, soit à la main de l'homme ou plutôt à ces deux causes réunies, ayant abaissé le niveau des eaux, de grandes surfaces sont devenues la proie du désert; aujourd'hui, c'est à grand'peine si deux à trois millions d'hectares peuvent recevoir les bienfaits de l'eau du Nil, et cela encore avec le concours coûteux d'appareils élévatoires.

Si, revenant à des œuvres plus modernes, nous examinons les travaux qui s'exécutent de nos jours, nous voyons se produire des effets analogues.

Comment opère-t-on, en effet, le plus souvent, dans les rivières non canalisées? Lorsque la navigation est gênée par certains seuils ou hauts fonds, pour augmenter en ces points le tirant d'eau, on y creuse un chenal au moyen de dragages ou bien on resserre le courant entre des digues longitudinales, soit pour élever la vitesse des eaux, soit pour que le courant approfondisse lui-même le passage. Une amélioration locale est parfois ainsi obtenue, mais elle n'a, d'ordinaire, que bien peu de durée; car, quel que soit le système employé, dragage ou resserrement, la vitesse du courant est augmentée par le seul fait du

changement de section; le chenal continue alors à s'approfondir jusqu'à ce qu'un nouvel équilibre s'établisse entre la vitesse du courant et la résistance du fond; or, cet équilibre ne peut s'établir que par une diminution de la pente superficielle et un abaissement de niveau, ce qui réduit d'autant la profondeur temporairement obtenue. Par suite de cet abaissement de niveau, qui se propage vers l'amont, le tirant d'eau qui existait primitivement sur le seuil suivant se trouve diminué ou la chute augmentée; il faut alors recommencer sur ce nouveau haut fond le travail fait sur le précédent et ainsi de suite, en remontant la rivière. Seulement comme ces abaissements de niveau se totalisent, les chenaux à creuser dans les seuils successifs doivent être de plus en plus profonds, de sorte qu'on arrive en présence de véritables murailles à franchir; c'est comme un escalier que l'on essayerait de gravir en en abaissant successivement les marches.

L'erreur commise consiste en ceci, que l'on pensait pouvoir rétrécir le lit et creuser un chenal à travers un seuil sans modifier en même temps la pente du cours d'eau en ce point.

Un tel résultat ne pouvait être obtenu, car on sait que la pente et la vitesse dépendent de la forme de la section, c'est-à-dire de ce que l'on appelle le *rayon moyen* ou rapport de la section au périmètre mouillé.

Avec plus de profondeur, la vitesse moyenne de l'eau s'accroît; la vitesse sur le fond surtout, très inférieure à la vitesse moyenne quand la couche d'eau est mince, augmente rapidement. Il en résulte que le chenal tend toujours à s'approfondir jusqu'à ce que la pente ait diminué suffisamment par l'abaissement du bief supérieur.

Ajoutons enfin que chaque dérasement de seuils, en augmentant et propageant la vitesse des eaux, provoque des affouillements et des transports de graviers qui vont obstruer à l'aval les passages précédemment creusés. De tels travaux ont ainsi un résultat tout opposé à celui qu'on se propose d'obtenir et compromettent en outre l'état général du cours d'eau en rompant la stabilité de son lit. On voit, par ce seul aperçu, quelles utiles indications peuvent fournir les principes que nous avons exposés, en montrant le danger de travaux qui hâtent l'œuvre d'érosion déjà trop active de la nature.

Un de nos collègues, M. S. Janicki, ingénieur fort expérimenté en cette matière, a résumé dans deux notes très instructives, un ensemble d'observations et de remarques intéressantes qui confirment pleinement tout ce qui précède. Il explique d'abord comment le degré de solidité du terrain où coule une rivière est le régulateur de sa vitesse. Quand la vitesse résultant de la pente et de la section dépasse la limite de résistance du terrain, des sinuosités se produisent et allongent le parcours jusqu'à ce que l'équilibre entre la vitesse ainsi réduite par la moindre pente et la résistance du sol.

Si, faute d'espace ou à cause de la nature géologique du fond de la vallée, ces sinuosités ne peuvent prendre un développement suffisant, des

attérissements transversaux se forment spontanément sur lesquels l'eau, étendue en couche mince, peut, conformément à la loi d'écoulement indiquée plus haut, avoir une plus grande pente sans attaquer ces sortes de seuils naturels. Aussi, ajoute M. Janicki, ne peut-on toucher, en un point quelconque à la courbure d'une rivière, à sa pente ou à sa section sans provoquer aussitôt, en amont et en aval de ce point, un changement dans les conditions d'équilibre de cette rivière.

On peut établir, en effet, que, dans tout cours d'eau, il y a une relation forcée entre sa pente, sa vitesse, son débit, sa section, la forme de son lit en plan et en profil en long, et la plus ou moins grande résistance de son lit.

Ce principe, qui est fondamental, explique comment telle rivière à un lit large, vague et parsemé de hauts fonds, et comment telle autre s'est creusé un chenal profond, régulier et présente un cours tranquille.

On conçoit dès lors toutes les chances d'insuccès que présentent les travaux désignés, principalement en Allemagne, sous le nom de « régularisations » ou de « corrections » de rivières qui, ne tenant pas compte, en outre, des variations de pente et de débit pendant les crues, ont précisément pour résultat de rompre l'équilibre naturel du cours d'eau. Telle est, la conséquence des divers systèmes d'épis, de digues longitudinales et de dérasements de seuils, qui, tous, ont pour effet d'augmenter la vitesse des courants ; aussi ces divers ouvrages ne peuvent-ils donner une profondeur suffisante au chenal qu'à la condition, si le terrain manque de solidité, de consolider également le fond du lit, ce qui entraîne à des dépenses considérables et souvent indéfinies.

M. Janicki cite comme exemple de ces sortes de travaux la régularisation de l'Elbe entreprise sur un parcours de 113 kilomètres.

Ces travaux qui, achevés sur une longueur de 47 kilomètres, en 1871, avaient presque donné la profondeur cherchée de 94 centimètres, ont été suivis d'abaissements sans précédent du niveau de l'étiage, qui ont naturellement diminué d'autant la profondeur du chenal navigable.

Des travaux analogues, entrepris en Russie sur le Volga, entre Rybinsk et Tver n'ont guère mieux réussi. Les digues rétrécissantes ont augmenté la vitesse du courant et il en est résulté de nouveaux hauts fonds avant que les anciens fussent complètement aplanis. Précédemment, les bateaux pouvaient naviguer sur cette partie du Volga avec un tirant d'eau de $0^{m},57$; aujourd'hui, après avoir dépensé des millions, le même tirant d'eau n'est obtenu qu'au moyen de lâchures périodiques provenant de réservoirs créés à cet effet, dans le haut Volga.

On ne saurait contester cependant que certaines améliorations de tirant d'eau n'aient été réalisées, notamment dans l'Oder, au moyen du système des consolidations (*grundschwellen*) du fond des chenaux dans les parties rétrécies ; mais les accroissements de profondeur utile ont été des plus minimes et ce maigre résultat n'a été obtenu qu'au prix d'une grande augmentation de vitesse dans les passages améliorés. Il convient d'ailleurs

de faire toutes réserves sur les conséquences à attendre de tels travaux sur le reste du cours de la rivière et sur son régime, car, en général, les améliorations ainsi obtenues, en outre qu'elles sont peu sensibles, ne sont point stables. C'est ce qu'on a pu voir sur la Garonne, où le système, appliqué d'abord avec un certain succès, n'a pas justifié par la suite les espérances qu'on en avait conçues au point de vue de la navigation.

Parmi beaucoup d'autres exemples qui pourraient être passés ici en revue, il convient de signaler les travaux importants qui s'exécutent actuellement sur le Rhône. Ces travaux ont été conçus et sont encore poursuivis aujourd'hui par les plus chauds partisans du système des dérasements de seuils et des resserrements entre digues longitudinales; aucun sacrifice n'a été épargné pour atteindre les résultats annoncés. Il est donc intéressant de les étudier avec détail. Le mémoire que nous avons déjà cité, de M. l'ingénieur Pasqueau, nous fournit, à ce sujet, les renseignements les plus complets.

Nous avons expliqué l'effet des dérasements. On a cru compenser les inconvénients de ce système par l'emploi des digues longitudinales, et on a essayé d'abord de resserrements simples qui avaient pour but de réduire à 180 mètres la largeur du lit, dans les mauvais passages. On partait de ce principe qu'étant donnés la pente moyenne d'environ $0^m,50$ par kilomètre et le débit minimum de 170 mètres cubes par seconde, la profondeur, calculée d'après les formules du mouvement uniforme dans les cours d'eau, devrait être de $1^m,60$. Ainsi que le fait observer M. Pasqueau, ce raisonnement pourrait être exact si le lit du Rhône était un canal en planches ou en maçonnerie, à section uniforme, mais il est inapplicable à un fleuve naturel dont la profondeur, la largeur, la pente et le débit sont extrêmement variables et dont le fond est mobile. Aussi, reconnut-on promptement que le lit se mettait à divaguer, à serpenter entre les digues et à y creuser de nouveaux affouillements séparés par des hauts fonds.

On essaya alors des resserrements sinueux qui consistaient à faire parcourir au lit mineur de 180 mètres le plus de courbes possibles. Ce système qui avait l'avantage de remédier dans une certaine mesure aux divagations du lit ne permit cependant pas d'arriver à des améliorations durables parce que des hauts fonds se produisaient encore notamment aux points d'inflexion des courbes et qu'en enlevant ces hauts fonds, soit à la drague, soit par de nouveaux rétrécissements sur ces points, on amenait un abaissement du plan d'eau qui compromettait les effets obtenus sur le reste du parcours. L'établissement de digues épousant plus exactement la forme des rives par des raccordements en arcs de sinusoïdes ne donna pas de résultats meilleurs.

On est enfin arrivé dans ces derniers temps, au système actuellement préconisé et qui consiste à abaisser la hauteur des digues, à réduire le lit mineur de 180 à 130 mètres et à le faire passer partout sur les bancs de gravier, en évitant les parties profondes, afin d'obtenir

de la pente sur de plus grands parcours et d'atténuer ainsi les hauteurs de chutes sur les passages difficiles et les abaissements de niveau.

Or, on a déjà pu constater que le Rhône trouve encore moyen, même entre ces digues rapprochées, de bouleverser complètement le lit qui lui est offert. Conformément aux principes indiqués plus haut, d'après lesquels la vitesse est toujours en relation avec la résistance du sol, des affouillements se produisent en certains points et, dans d'autres, des barrages qui, faute de place entre les digues se forment dans une direction extrêmement biaise, et créent de longs déversoirs sur lesquels l'eau s'écoule de nouveau en nappe mince. Quant au procédé qui consiste à retrancher du lit mineur toutes les parties profondes en établissant des digues dites de compensation forçant le fleuve à faire son chemin sur les bancs de gravier, un tel système présente, en outre des inconvénients déjà signalés, les plus graves dangers pour la navigation; car, aussitôt que des crues se produisent, le courant reprend son ancienne direction et les bateaux risquent de se briser contre les digues. Écoutons, d'ailleurs, ce que dit M. Pasqueau des effets, déjà constatés, de ces divers travaux.

Le niveau des plus basses eaux, à Lyon, est descendu successivement de 1858 à 1874, c'est-à-dire, en moins de dix-sept ans de 1^{m},42, et rien ne peut faire prévoir où ce mouvement s'arrêtera. Les roches du pont de Nemours avaient été dérasées à deux mètres au moins au-dessous des plus basses eaux connues; douze ans se sont à peine écoulés, et le tirant d'eau sur ce seuil est descendu à soixante centimètres. La navigation des bateaux-omnibus, qui n'avait jamais été suspendue, dans Lyon, avec l'ancien étiage, est arrêté chaque année par les basses eaux. Le pont de la Mulatière, autrefois accessible en tous temps, est devenu impraticable pour les bateaux. La gare d'eau de Vaise a dû être draguée sur toute sa surface; une partie des murs qui l'entouraient, se trouvant suspendue au-dessus du sol, s'est effondrée. Tous les quais de Lyon sont plus ou moins déchaussés par les corrosions dues au retrait des eaux ou par les dérasements qu'on a dû exécuter pour en maintenir l'accès en basses eaux. La vitesse du courant aux ponts d'Ainay et de la Mulatière a augmenté dans une proportion telle que les remorqueurs à câbles sont arrêtés à ce dernier pont, bien avant d'être arrêtés par l'insuffisance de la hauteur du pont. Le busc de l'écluse de l'île Barbe, établi, en 1869 à 2^{m},40 au-dessous des plus basses eaux connues à cette époque, offre actuellement 1^{m},20 à peine de tirant d'eau.

Quant au débit minimum du Rhône, il est descendu, pendant ce temps, en vingt années, de 270 à 210 mètres cubes par seconde.

M. Pasqueau, s'est livré à de longues et minutieuses recherches pour tâcher de découvrir les causes réelles de ces divers effets, et surtout pour reconnaître si un tel résultat était local et limité, ou s'il était, au contraire, général et sans limite probable. Ces études l'ont conduit à la conviction que l'abaissement des eaux n'était pas, comme on le croyait, l'effet d'un affouillement local, mais bien la conséquence nécessaire et forcée

du système de dérasement et d'endiguement, suivi, depuis 1855, pour l'amélioration du Rhône. Nous avons constaté, dit cet ingénieur, qu'il n'avait pas été possible, jusqu'à ce jour, d'améliorer d'une manière durable un passage du Rhône, sans aggraver celui d'amont par l'abaissement du plan d'eau et celui d'aval par l'amoncellement des graviers chassés par le resserrement du passage amélioré. Il convient d'ajouter que cette amélioration fût-elle réalisable et obtenue, elle ne serait acquise qu'au prix d'une augmentation de vitesse du courant qui s'opposerait à toute navigation avantageuse et économique.

On pourrait croire que tant d'insuccès auraient ouvert enfin les yeux sur les vices et les dangers des moyens employés. Tout au contraire, le système du dérasement des seuils, complété par celui des resserrements entre des digues longitudinales, a été repris avec une ardeur nouvelle. En 1878, un crédit de 45 millions de francs a été alloué pour en généraliser l'emploi sur toute l'étendue du cours du Rhône. Il est à craindre, contrairement à la « certitude de succès » énoncée dans le rapport de la commission parlementaire concluant au vote de cette dépense considérable, que ce système n'aggrave, dans une énorme mesure, les dommages déjà causés au régime du fleuve, et qu'il ne les rende irrémédiables; car ces travaux, ajoute encore M. Pasqueau, couvriront le lit d'écueils indestructibles, mettront en mouvement la masse entière des graviers et rendront impossible toute amélioration ultérieure.

Que peut-on penser de pareils ouvrages qui, sans apporter aucune amélioration au tirant d'eau disponible, ont pour effet de rendre la navigation de plus en plus difficile et dangereuse, de parsemer le fleuve d'écueils, de soumettre son lit à une instabilité permanente et enfin de supprimer, avec le halage, ces nappes tranquilles et profondes que de toute antiquité, les riverains avaient recherchées pour y établir des ports et y fonder des villes?

On serait presque tenté de se demander si ces efforts faits pour améliorer cette grande voie fluviale du Rhône ont été bien sincères. Il est certain que depuis la création des chemins de fer, on n'a pas montré une bien grande sollicitude pour les voies navigables. La compagnie du chemin de fer du Midi avait pu dès l'origine s'assurer la possession du canal latéral à la Garonne afin d'éviter, comme le disait le gouvernement lui-même, la concurrence d'une voie « aussi facile et aussi économique. » L'achat d'un fleuve, du Rhône, était sans doute moins facile, car, assurément, cette voie fluviale n'a pas manqué de donner lieu à des craintes et à des convoitises analogues. Un résultat semblable s'est cependant réalisé. On n'a pas cessé, sans doute, de protester du plus haut intérêt pour l'amélioration de cette grande artère fluviale; on y a consacré chaque année des sommes importantes. Quand des plaintes se produisaient pour manque de tirant d'eau sur certains points, on y ordonnait les travaux que nous avons indiqués; les témoignages de satisfaction soigneusement recueillis en chaque point lors de ces améliorations temporaires et locales

servaient ensuite, dans les enquêtes, de preuves des efforts faits et de l'efficacité générale du système adopté. Mais qu'est-il arrivé finalement? c'est que la navigation est devenue peu à peu impraticable. Est-ce donc là tout ce qu'il était permis d'attendre de l'art de l'ingénieur?

Sans insister davantage sur ce côté de la question, revenons au point de vue technique, qui est le seul objet que nous ayons en vue en ce moment.

Nous nous sommes étendus a dessein sur cet exemple du Rhône, parce que les travaux qu'on y exécute, sont la preuve la plus frappante, tout au moins du désaccord qui règne encore dans l'opinion des ingénieurs sur les lois qui régissent le régime des cours d'eau, ils montrent l'utilité d'une théorie générale pouvant servir de guide pour la solution de ces importantes questions.

Une telle théorie a l'avantage de montrer d'avance les inconvénients d'un grand nombre d'ouvrages qui, conçus et poursuivis dans un but spécial et restreint, non seulement ne satisfont point à l'objet auquel ils sont destinés, mais ont encore, à d'autres points de vue les conséquences les plus fâcheuses. C'est ce qui est arrivé pour le Rhône. L'agriculture réclamait depuis de longues années une bien modeste part des eaux disponibles; mais ses demandes étaient considérées comme incompatibles avec les exigences de la navigation. On a ainsi sacrifié des intérêts considérables à des travaux dont le résultat sera funeste à tous les points de vue. L'ingénieur chargé du service du Rhône, s'opposait aux moindres prises d'eau en déclarant que ces dérivations seraient « un danger permanent pour la navigation. » Tout son système est, en effet, basé sur la condition d'un débit minimum déterminé.

C'est dans cet ordre d'idées que le congrès des sociétés de géographie, à Lyon, a proposé, tout récemment encore, ce vœu vraiment caractéristique « qu'aucune partie des eaux du Rhône ou de ses affluents ne puisse être désormais dérivé pour quelque cause que ce soit! » Une telle demande n'est-elle pas la preuve de la confusion étrange qui règne dans toutes ces questions?

On n'aperçoit pas que ce sont précisément les ouvrages qu'on exécute à grands frais dans le Rhône qui ont pour résultat de diminuer les débits d'étiage, tandis que ceux qui dérivent les eaux et qui en retardent l'écoulement, tendent au contraire à régulariser le régime de leurs cours naturels.

Il est intéressant de rappeler à ce sujet l'exemple du grand canal dérivé du Gange, dont on trouve la description dans les « Travaux de la commission française sur l'industrie des nations, » publiés par le gouvernement en 1864.

En 1837, une sécheresse extraordinaire produisit une extrême disette dans les provinces privées d'irrigation. Si le Doab avait été canalisé, l'humanité n'aurait pas déploré la perte d'un nombre effrayant de personnes qui sont mortes de faim et de misère. Dès l'année suivante, on aborda sérieusement la pensée d'employer à de telles irrigations les eaux

du Gange supérieur. Il s'agissait d'amener ces eaux par un canal de dérivation suivant une pente très modérée, au sommet des terres du Doab, et de les faire descendre ainsi, comme un fleuve artificiel en les dirigeant suivant la ligne des faîtes, comme auparavant elles suivaient la ligne des points les plus bas de la vallée principale. En prélevant les sept huitièmes des eaux du Gange supérieur, on pouvait craindre de compromettre les transports qui précédemment pouvaient s'exécuter pendant la saison des basses eaux. Mais les eaux souterraines, abondant résidu des irrigations et de la pluie, ne cessent pas de couler par infiltration ; elles continuent à descendre vers le fleuve auquel elles apportent leur tribut invisible. Ces infiltrations sont si considérables que la navigation est devenue en tous temps praticable sur le fleuve.

On voit par cet exemple que la navigation n'a rien à redouter des emprunts faits aux cours d'eau en faveur de l'agriculture.

Terminons ce rapide aperçu en indiquant dans quelle voie et d'après quels principes conformes à la théorie qui nous a servi de point de départ, on doit chercher la solution des diverses questions qui nous occupent.

III

Nous avons indiqué les phases successives que présentent les cours d'eau et leurs bassins dans leur lente évolution, et l'état final vers lequel ils tendent à parvenir.

Le but à poursuivre est de modifier la marche de ces phénomènes et de remédier à leurs effets en aménageant les eaux de telle sorte qu'elles ne puissent se rendre à leurs lits naturels et à la mer qu'après avoir prêté leurs forces à toutes les utilisations qu'elles comportent et perdu en même temps toute action nuisible.

Nous avons montré dans notre précédente communication au moyen de quel système de canalisation un tel résultat pouvait être obtenu. Si on imagine un instant qu'un pareil aménagement soit réalisé d'une manière complète, on conçoit que le régime actuel des rivières serait totalement modifié ; leur cours serait rendu plus régulier, les étiages seraient relevés et les crues réduites ; la navigation y deviendrait donc naturellement beaucoup plus facile.

Il est clair qu'un tel état de choses ne saurait être obtenu que par la suite des temps, à l'aide de travaux considérables ; mais, quelque éloignée qu'en soit la réalisation même incomplète et partielle, il convient cependant de l'avoir sans cesse en vue afin de donner aux divers ouvrages à entreprendre l'unité de direction qui leur a manqué jusqu'ici, et d'écarter ceux qui pourraient avoir sur le régime général des eaux une influence opposée à celle qu'il s'agit d'exercer.

Il faut, par exemple, se garder soigneusement, en ce qui concerne

l'amélioration de la navigabilité des rivières, des ouvrages qui auraient pour effet de hâter l'œuvre d'érosion des eaux. Tous les travaux de dérasement de seuils, dont il a été parlé plus haut, doivent donc être autant que possible évités ; il en est de même de ceux qui seraient de nature à accélérer la chute et l'écoulement des eaux.

Nous en tirons cette première conséquence, que l'amélioration des rivières doit être obtenue non plus par le système dit des régularisations ou des corrections de leur lit quand ce système a pour effet d'abaisser les plans d'eau et d'augmenter les courants, mais bien par une canalisation relevant au contraire le niveau des eaux en diminuant leur vitesse. Telle est d'ailleurs la conclusion à laquelle la pratique de ce genre de travaux a déjà conduit bon nombre d'ingénieurs.

Le seul système d'amélioration des rivières, dit M. Debove, est la canalisation par barrages éclusés ; c'est la transformation du plan incliné des eaux en un escalier hydraulique, de la chute continue des molécules liquides en une série de chutes brusques.

M. Janicki termine sa note, déjà citée, en disant que la canalisation est l'unique moyen, sûr et exempt d'erreurs, d'améliorer les conditions de navigabilité des rivières.

Bien que le canal latéral soit souvent dans l'état actuel du régime des eaux, la seule solution possible quand il s'agit de cours d'eau à pente rapide et à régime très irrégulier, M. Pasqueau arrive à une conclusion analogue et propose, même pour le Rhône, un système mixte comprenant aussi l'emploi de barrages éclusés.

Avec ce système, dit-il, le tirant d'eau de deux mètres peut être sûrement réalisé et le tonnage des bateaux porté à 750 tonnes en tous temps. La vitesse du courant ne sera jamais augmentée ; elle sera réduite de moitié pendant les basses eaux qui deviennent ainsi les époques les plus favorables pour la navigation. La vitesse des bateaux à la remonte, loin d'être ralentie par les barrages, sera presque doublée et le prix de transport diminué de moitié. Le trafic probable peut ainsi s'élever rapidement à deux millions de tonnes.

S'il est important de rejeter tout système qui aurait pour effet d'abaisser le niveau des eaux et d'augmenter les courants, il n'est pas moins utile de rechercher les moyens d'emmagasiner les eaux et d'en faire des réserves. Aussi, loin que le régime des rivières ait à redouter les prises d'eau pour l'agriculture, il ne peut qu'en bénéficier. C'est encore ce que signale M. Pasqueau : avec des digues, lutte permanente et insoluble entre la navigation et l'agriculture ; avec les barrages, conciliation immédiate de ces intérêts en apparence contraires.

En présentant les considérations qui précèdent, j'ai eu en vue de faire une application de la Théorie que je vous ai exposée et d'en montrer l'utilité pratique. Quand on examine, en effet, les diverses questions relatives à l'emploi et au régime des eaux et qu'on rapproche les solutions en

usage avec chacune d'elles, on voit à quel point leur étude manque d'unité. Ceux qui s'occupent d'améliorer la navigation oublient que le régime des rivières est étroitement lié au mode de distribution et d'écoulement des eaux à la surface du sol. Parmi les agriculteurs, les uns réclament de l'eau pour leur arrosage tandis que les autres se plaignent d'en avoir trop. Ceux-ci creusent des fossés d'écoulement ou dessèchent des étangs sans songer qu'en hâtant ainsi la chute des eaux ils s'exposent à souffrir à leur tour de la sécheresse. Les usines hydrauliques, en s'opposant aux moindres prises d'eau en faveur de l'agriculture, ne se rendent pas compte qu'un plus large emploi des eaux régulariserait le débit des rivières et diminurait les chômages. Les forestiers, préoccupés seulement de la préservation de leurs hautes régions, regardent leur mission comme terminée quand ils sont parvenus à empêcher les torrents de raviner le sol; ils disent alors que ces torrents sont *éteints* et ils ne s'inquiètent plus des masses d'eau qui continuent à se précipiter dans les plaines. Les riverains des cours d'eau, de plus en plus menacés, doivent alors s'abriter derrière des digues qu'il faut élever sans cesse à mesure que, par l'effet des lois naturelles aussi bien par les travaux exécutés, l'écoulement des eaux devient plus rapide.

Tous ces intérêts qui paraissent opposés sont cependant solidaires, et, s'ils n'ont reçu jusqu'à présent qu'une satisfaction absolument insuffisante, c'est que les questions qu'ils comportent ont été isolées les unes des autres, alors qu'elles dépendent toutes de principes généraux qu'il importait avant tout d'étudier.

Convaincu de la nécessité d'aborder ainsi le problème dans son ensemble, j'ai tâché de formuler ces principes, et je me suis proposé de vous en présenter successivement l'application aux différentes questions qu'il s'agit de résoudre. Je n'ai pas la prétention d'avoir donné des règles absolues et complètes, mais mon but sera atteint si, par les exemples que j'ai énumérés, je suis arrivé à montrer l'utilité d'une théorie pouvant servir de guide dans le choix de solutions qui, tout en ayant un objet spécial, satisfassent, en même temps, à l'intérêt général, car le but que l'on doit avoir en vue, c'est d'utiliser toutes les eaux disponibles et d'en régler le régime au mieux de tous les intérêts et de la manière la plus avantageuse à l'économie du territoire et à la prospérité du pays.

M. le Président remercie M. Cotard de sa très belle communication, il le remercie surtout d'avoir présenté son sujet avec une méthode faite pour faciliter une discussion éminemment féconde. M. le Président espère que les orateurs ne manqueront pas aux développements que comporte un pareil sujet. On voit à quel point sont engagés les intérêts du pays par l'exposé que vient de faire M. Cotard. Bien qu'il n'ait traité qu'une question de navigation, l'auteur à su rattacher son sujet à la question générale des eaux. Ainsi il a montré les phénomènes qui résultent de la lutte entre le liquide condensé du ciel et la matière qu'il rencontre sur notre territoire, ce qui ne l'a pas empêché de traiter avec une re-

marquable précision le côté des applications, et en particulier tout ce qui se rattache au Rhône. Un pareil sujet commande l'ordre dans la discussion. Certaines conditions particulières font que nos travaux n'arrivent à la connaissance de chacun de nous que vingt-quatre heures avant la séance; ce n'est peut-être pas assez pour se préparer à l'étude d'un sujet aussi grave. M. le Président croit que, d'une manière générale, lorsque les communications sont importantes, il serait prudent de reporter à la seconde séance suivante la discussion en règle et de prévenir les personnes que la question intéresse de façon à avoir une argumentation bien nourrie, un public nombreux et des orateurs compétents. Il propose donc de mettre la discussion de la communication de M. Cotard, non pas à l'ordre du jour de la séance du 17 février, et il serait très heureux que, pour cette discussion, des personnes compétentes se fissent inscrire.

M. Ivan Flachat demande la parole, non pour aborder la discussion, mais pour signaler à ses Collègues, les indications données par M. Cotard sur le régime des eaux du Rhône comme étant le fruit d'une observation tout à fait exacte. Chacun de nous est à même de les vérifier de la façon la plus facile, et la plus commode, à la condition, toutefois, de faire le voyage de Lyon. Tout ceux de nos Collègues, appelés par leurs affaires dans cette ville, pourront prendre le chemin de fer de Saint-Etienne, qui côtoie la rive de très près, presque constamment jusqu'à Givors, et constater sans sortir du wagon, à moins de débordement du fleuve, ces rapides, ces eaux dormantes, ces chutes sur des barrages naturels que les eaux établissent elles-mêmes en biais et en travers de leur cours, tels que M. Cotard les a dépeints avec le charme qu'il sait mettre à tout ce qu'il nous dit.

A ce sujet même, M. Cotard a cité quelques faits sur lesquels M. Flachat croit utile de solliciter de lui quelque éclaircissement avant d'aller plus loin dans la discussion. Ils sont relatifs à l'abaissement du niveau des eaux dans Lyon. Les faits sont exacts : au pont de Nemours, la hauteur d'eau de $1^m,40$ que l'on avait cherché à obtenir par le dérasement des roches, est tombée à $0^m,60$ dans ces derniers temps, par l'abaissement du niveau de la rivière. Le même effet s'est produit en amont, en mettant à nu les fondations des murs de quai de la gare d'eau de Vaise, et s'est fait sentir jusqu'au barrage de l'Ile-Barbe.

Mais doit-on réellement attribuer ces effets en totalité à l'action naturelle des eaux, comme il semble résulter de la note dont il vient d'être donné lecture ?

M. Ivan Flachat demande à constater d'abord que ces abaissements de niveau que M. Cotard nous a signalés, se sont produits non pas sur le Rhône, mais bien sur la Saône, dont le régime est très différent. Tandis que le Rhône coule sur une pente fort rapide, la Saône n'a presque pas de courant. Chacun a dans sa mémoire le souvenir des désastres occasionnés par ses crues et ses inondations. En 1840, elles furent désastreuses;

en 1856, il y eut aussi des inondations, mais sur une échelle un peu moins formidable. Mais l'inondation de 1840 a laissé des traces dont les habitants se sont plu à conserver le souvenir en mettant des lignes de niveau qui, malgré les travaux d'aujourd'hui, sont encore étonnantes à voir par leur hauteur au-dessus du sol.

Dès longtemps, les ingénieurs ont cherché à mettre la ville à l'abri des inondations; les procédés employés ont été de deux sortes pour concourir au même but : l'un a consisté à relever le niveau de la ville, et l'autre à abaisser le lit de la rivière.

Les premiers travaux considérables ont été faits sous la direction de l'ingénieur Perrache, qui a reporté le confluent du Rhône et de la Saône, que l'on voit figurer sur les anciens plans de Lyon à peu près à la hauteur de la place Bellecour, au point où se trouve le pont de la Mulatière. C'est au sortir de ce pont que le chemin de fer de Saint-Etienne, entre en tunnel, pour déboucher dans la plaine d'Oullins, et côtoyer le Rhône ensuite.

La pente du Rhône étant plus considérable que la pente de la Saône, le confluent repoussé à la pointe de la presqu'île Perrache abaissa si notablement le niveau de la rivière, que la navigation ne fut plus possible à la hauteur du pont de Nemours, et qu'on fut amené, il y a quelque cinquante ans à décider l'enlèvement des roches qui barraient la Saône en ce point. A ce moment, les travaux d'exhaussement des quais et des rues furent entrepris et menés à bien, on fit de nouveaux égouts et des travaux remarquables et complets. Le temps s'est écoulé et maintenant la ville de Lyon est aussi belle, propre et bien percée qu'elle l'était peu autrefois.

Depuis lors, l'administration décida de continuer l'œuvre de Perrache pour mettre encore davantage la ville à l'abri des inondations, par un nouvel abaissement du plan d'eau de la Saône. On a donc repoussé le confluent quelques centaines de mètres encore plus bas, par la construction d'une nouvelle digue en aval du pont de la Mulatière.

De la sorte, semblent s'expliquer naturellement les faits signalés par M. Cotard; la réapparition des roches du pont de Nemours en basses eaux celle des fondations des murs de quai, etc. M. Ivan Flachat, craignant qu'il ne subsistât, dans l'esprit de quelques-uns des membres de la Société, quelque confusion à ce sujet, a cru devoir signaler ces très importants travaux, en priant M. Cotard de fixer lui-même l'influence qu'il croit devoir leur attribuer sur l'abaissement du niveau des eaux dans la traversée de Lyon.

M. Cotard répond au sujet de cet abaissement, que les faits qui se sont produits dans ces deux rivières sont corrélatifs, et forcément concordants. Il est bien certain que le niveau de la Saône ne se serait pas abaissé, si le niveau du Rhône ne s'était pas abaissé lui-même.

M. Janicki dit qu'il y a six ans, il a navigué sur le Rhône, et des circonstances particulières lui ont permis d'examiner de plus près la question;

de plus, il connaît la situation par M. Pasqueau, ingénieur ordinaire de cette partie du Rhône et de la Saône; M. Pasqueau signale, comme cause de l'abaissement de la Saône, les travaux de redressement, faits en aval de Lyon. Il indique, dans son rapport, que cet abaissement a été obtenu aussitôt qu'on a commencé le dérasement des seuils.

La nouvelle digue indiquée par M. Flachat n'a pas une grande longueur; M. Janicki signale encore la construction, entre le pont de la Mulatière et la digue, d'un barrage nouveau formant déversoir, et dont on se sert pour relever les eaux de la Saône en amont.

Pour ajouter quelques mots seulement aux explications données par M. Cotard sur les travaux du Rhône, M. Janicki dit que, l'année dernière, il y a eu un grand changement dans le système d'exécution. Le système de digues pour éviter les mouilles et égaliser les niveaux qui, il y a trois ans, était considéré comme le meilleur, paraît avoir été abandonné à la suite d'un voyage de M. Jacquet en Allemagne. M. Janicki traverse souvent l'Allemagne, il a donc pu suivre ces travaux et il a remarqué que les Allemands mettent seulement leurs *grundschwellen* sur les hauts fonds, pour empêcher les ravinements qui devraient se continuer; ces grundschwellen sont ou en fascines, ou en pierres; on obtient par cette méthode quelques résultats.

M. l'ingénieur en chef Jacquet a voulu imiter ces travaux et en tirer un nouveau système d'amélioration pour le Rhône; mais au lieu de mettre les grundschwellen sur les hauts fonds, il les a placés dans les mouilles. M. Janicki voulait signaler ce fait. Les grundschwellen ont du bon, ils produisent un certain résultat, mais il faut au moins les appliquer comme les Allemands et ne pas faire le contraire.

M. le Président demande à M. Janicki, s'il sera encore ici dans un mois?

M. Janicki répond qu'il ne saurait l'affirmer.

M. Cotard dit qu'il a articulé des opinions, des critiques assez graves sur les travaux qui s'effectuent dans notre pays et qui touchent de très près à une branche importante de la prospérité nationale, à une question vitale pour la ville de Lyon, qui ont donné lieu à des discussions très animées et fait l'objet de réclamations des conseils municipaux de différentes villes dans le but de s'opposer à l'exécution des travaux d'irrigation projetés. On voit que nous ne sommes plus ici seulement dans les théories, mais en plein dans les questions qui intéressent les intérêts actuels. M. Cotard se demande s'il y a moyen d'arriver à s'éclairer complètement sur ces travaux du Rhône : il lui semble qu'il n'y a pas de question qui puisse nous intéresser davantage; ne pourrait-on pas faire une espèce d'enquête, de rapport et préciser la discussion sur ce point spécial? Il serait bon, par exemple, de consacrer une partie de la discussion aux idées générales et que chacun rassemblât des données pré-

cises sur la question du Rhône, ce serait peut-être un moyen d'arriver à élucider la question spéciale de navigation.

M. LE PRÉSIDENT approuve ce que vient de dire M. Cotard dans la marche à suivre pour la discussion, et prie les orateurs qui s'inscriront de vouloir bien nous communiquer le sujet spécial qu'ils désirent traiter. L'heure étant trop avancée pour engager la discussion annoncée aujourd'hui, sur la communication de M. Ivan Flachat sur les caisses de retraite, cette discussion est renvoyée à la prochaine séance.

MM. Billema, Boué, Dyckoff, Forest, Guppy, Guichard, Keim, Le Brun, Leudet, Lévy, Pillet, Szarvady et Tellier, ont été reçu membres sociétaires.

La séance est levée à 10 heures et demie.

CHRONIQUE

Sommaire. — Atelier d'essais de locomotives. — Chemin de fer à voie étroite de Taviers à Embresin. — Les employés de chemins de fer en France et en Allemagne. — Ruptures d'essieux sur les chemins de fer allemands. — Le système métrique aux États-Unis. — La lumière électrique aux États-Unis. — Expériences sur une machine à gaz. — Congrès de la Société technique de l'industrie du gaz. — Le professeur Charles Culmann.

Atelier d'essais de locomotives. — Dans la chronique d'octobre 1881, page 374, nous avons donné, d'après l'*Organ*, quelques renseignements sur les méthodes d'essais pour locomotives que notre collègue M. A. Borodine, ingénieur en chef de la traction des chemins de fer sud-ouest russes, employait à Kiew.

M. Borodine nous informe que l'installation faite par lui n'est que provisoire, il n'a pas encore pu monter le frein de Prony dont nous avions parlé. Les locomotives à essayer sont actuellement employées à fournir la force motrice aux ateliers, et on se borne à rapporter les dépenses constatées d'eau et de combustible aux puissances obtenues au moyen des indicateurs montés sur les cylindres. Néanmoins, même avec cette installation élémentaire, il a été obtenu des résultats très intéressants, sur lesquels nous aurons prochainement l'occasion de nous étendre.

L'installation d'un atelier d'essai complet et pourvu de tous les appareils nécessaires, tel qu'il a été indiqué par M. Borodine dans l'*Organ*, devant entraîner une dépense assez considérable, notre Collègue a demandé, à la dernière réunion technique des chemins de fer russes tenue à Moscou, que l'établissement d'un atelier de ce genre fût fait à frais communs par tous les chemins de fer russes. Cette demande a été prise en considération, et il a été décidé en principe que chaque chemin de fer inscrirait, dans son budget de 1882, une somme, au prorata de sa dépense annuelle de combustible, pour subvenir à l'établissement de l'atelier central d'essais; l'exécution sera étudiée en détail, à la réunion technique de cette année, qui aura lieu prochainement. Cette décision nous paraît être d'un très bon exemple et nous pensons qu'il était intéressant de la faire connaître.

Chemin de fer à voie étroite de Taviers à Embresin. — L'*Organ* a donné récemment un travail de M. R. Zumach, sur les locomotives et les wagons, à l'Exposition nationale de Bruxelles, en 1880, qui renferme quelques détails sur un chemin de fer d'intérêt local, établi il y

a peu de temps, en Belgique, et qui constitue la première ligne de ce genre construite dans ce pays, si on laisse de côté le chemin bien connu d'Anvers à Gand et les chemins industriels du Grand-Hornu et du Haut et Bas-Flenu.

Le chemin dont nous nous occupons a pour but de relier à la station de Taviers, sur la ligne de Namur à Tirlemont appartenant à l'État belge, une région agricole comprenant diverses localités, telles que Taviers, Boneffe, Branchon, Wasseiges et Embresin, dont la seconde possède une sucrerie considérable. Entre Taviers et Embresin, la longueur est de 9,433 mètres, à quoi il faut ajouter 450 mètres de voies de garage et de service.

La voie est à l'écartement de $0^m,71$, entre les têtes des rails. Ceux-ci pèsent 15 kilogrammes par mètre courant et sont fixés par des crampons sur des traverses en chêne; les joints des rails sont éclissés. La voie est légère, ce que permettent les faibles charges et la vitesse réduite. Les traverses ont $1^m,25$ de longueur et $0,20 \times 0,10$ de section. On ne peut réduire l'épaisseur à moins, sans quoi les crampons ne tiendaient plus suffisamment. L'écartement des traverses est de $0^m,90$ en alignement droit, et de $0^m,70$ dans les courbes.

La couche de ballast à $0^m,25$ de hauteur; la plate-forme à $3^m,15$ de largeur en couronne; en déblai, la largeur est de $4^m,05$, y compris les fossés de $0^m,45$, pour des hauteurs inférieures ou égales à $2^m,50$, et de $4^m,35$ pour des hauteurs supérieures. Les inclinaisons maxima sont de 15 millièmes, et le rayon des courbes ne descend pas au-dessous de 100 mètres. A un endroit, la ligne passe sur un viaduc en fer de $6^m,50$ de hauteur, établi sur des montants en fer et dont la longueur est de 131 mètres; il y a également un pont d'une importance beaucoup moindre.

La ligne compte deux stations et quatre haltes et est reliée avec la sucrerie de Boneffe par un embranchement qui part de la halte de ce nom.

La dépense d'établissement a été d'abord de 40,000 francs par kilomètre, y compris le matériel roulant, mais elle a dû être augmentée par suite de l'accroissement de ce dernier. L'exploitation régulière a commencé le 1er septembre 1879, à raison de huit trains par jour, soit quatre dans chaque sens, et s'est effectuée jusqu'à la fin de la même année sur trois kilomètres seulement, avec un matériel composé de 2 locomotives-tender pesant 15 tonnes en service, 2 voitures de deuxième classe ouvertes, 2 voitures de première classe fermées, 3 fourgons, 20 wagons à marchandises et 5 wagons à bestiaux. Le matériel de ce petit chemin de fer est relativement considérable et de construction très solide, il a été fait par la Société belge, « la Métallurgique, » sur des plans étudiés spécialement pour des chemins secondaires et exécutés déjà pour plusieurs pays étrangers. Les machines sont à quatre essieux dont trois sont accouplés et placés sous le corps cylindrique de la chaudière; le quatrième essieu est en arrière du foyer et porte des boîtes radiales. Les cylindres sont extérieurs, ainsi que la distribution qui est du type Walschaerts.

Voici quelques chiffres sur les résultats d'exploitation des quatre premiers

mois. Il a été transporté 10,300 voyageurs qui ont donné lieu à une recette de 2,550 francs, soit 850 francs par kilomètre pour 3 kilomètres exploités. Le tonnage de bagages et de marchandises a été de 9,000 tonnes qui ont produit une recette de 12,647 francs, soit 4,215 francs par kilomètre, total 5,066 francs; les dépenses ont été de 1,983 francs par kilomètre, soit 40 pour 100 des recettes brutes. Le transbordement à la station de Taviers se fait à l'entreprise à raison de 17 à 20 centimes par tonne. Le transport de Taviers à Embresin s'effectue actuellement au tiers du prix que coûtait le roulage, en outre, précédemment les transports étaient à peu près impossibles pendant plusieurs mois d'hiver.

Il est regrettable que le rapport de M. Zumach ne contienne pas des chiffres plus complets, relativement aux résultats donnés par cette ligne intéressante, mais nous espérons pouvoir suppléer à cette lacune et donner prochainement des renseignements plus détaillés et plus récents sur cette exploitation.

Les employés de chemins de fer en France et en Allemagne. — Dans un pays qui possède un réseau de chemins de fer bien développé, les employés nécessaires à son fonctionnement constituent une véritable armée. D'après le *Deutsche Industrie Zeitung*, le nombre d'employés et d'ouvriers des chemins de fer allemands était, à la fin de 1879, de 272,831, tandis que, sur les lignes françaises, il n'était, l'année précédente, que de 182,983. Il y a donc sur 100,000 habitants, 611 personnes en Allemagne, et 493 en France, occupées sur les chemins de fer. Cette différence s'explique par la plus grande longueur de chemins de fer que l'Allemagne possède par rapport à sa superficie et à sa population. Il y a par 100 kilomètres de lignes 834 personnes en Allemagne, et 827 en France, deux chiffres à peu près identiques, comme on voit. Si on répartit le personnel en quatre groupes, on trouve que, pour la même longueur de lignes, il y a, en Allemagne, trois fois plus d'employés au service de l'exploitation qu'en France, ce qui tient à la grande division des chemins de fer, dans le premier de ces pays, où il n'y a pas moins de soixante-quatorze ligues, ayant une administration indépendante, tandis qu'il n'y en a en France que vingt et une. Mais il y a moins de monde en Allemagne, pour le service de la voie et le service commercial, tandis qu'il y en a plus dans le service de la traction et dans les ateliers. Ce n'est pas que le trafic soit plus actif en Allemagne qu'en France, mais on emploie plus de monde pour le transport d'un même nombre de voyageurs ou pour le même tonnage de marchandises. Les statistiques françaises indiquent que, à la date ci-dessus mentionnée, 68,865 employés sortaient de l'armée; elles signalent également la présence de 13,554 femmes. Ces dernières se trouvent principalement dans le service de la voie.

Ruptures d'essieux sur les chemins de fer allemands. — Il y a eu, en 1880, 70 ruptures d'essieux sur les chemins de fer allemands,

contre 98, pendant l'année précédente. Si on compare la période de 1875-79 à celle de 1870-74, on trouve que le nombre des ruptures a diminué de moitié, résultat dû à la fois à la surveillance opérée sur les chemins de fer et aux soins apportés à la fabrication. Il y a eu, dans la moitié froide de l'année, 41 ruptures, et dans la moitié chaude, 29, soit 42 pour 100 de plus dans la première. Il y a eu, sur les 70 essieux brisés, 16 en acier dont 15, soit presque tout, cassés en hiver, (ce qui fait bien voir la fragilité relative de l'acier aux basses températures). La durée moyenne des essieux brisés, sans distinction de véhicule, a été de quinze ans, onze mois et quatorze jours.

La supériorité de l'acier ressort bien des proportions relatives des ruptures, 16 seulement ou 23 pour cent pour l'acier et 34 ou 77 pour 100 pour le fer.

Sur les 70 cas de ruptures d'essieux, 45,7 pour 100 n'ont pas causé d'accident, tandis que 42,9 pour cent ont causé des dommages au véhicule ou à la voie; il y a eu en tout des avaries à une locomotive, 5 tenders et 24 véhicules dont un a été entièrement brisé. 30 cas de ruptures ou 43 pour 100 sont dus à l'usure, 22 ou 31 pour 100 à des défauts de matière ou de fabrication, 2 à un vice de construction, 1 à un déraillement, 6 à des échauffements et 9 à des causes diverses. On voit que la plupart des fractures sont causées par un excès de service.

On peut signaler à titre de comparaison que, pendant le mois de novembre 1881, il n'y a eu sur les chemins de fer des États-Unis que 7 ruptures d'essieux signalées comme ayant occasionné des dommages; mais l'une a fait dérailler 11 wagons d'un train de charbon sur le New-York, Lake Erie and Western Railroad, et une autre a, sur l'Indianopolis and Saint-Louis Railroad, amené la destruction de 17 wagons à marchandises; les autres, tout en causant des dégâts, ont eu des conséquences moins graves.

Le système métrique aux Etats-Unis. — Nous avons déjà eu l'occasion de signaler (voir chronique de juillet 1881, page 90) l'acharnement avec lequel était combattue l'introduction du système métrique aux États-Unis.

Dans une réunion de l'Institut International pour la conservation et l'amélioration des poids et mesures, tenue le 26 novembre 1881, à Cleveland, Ohio, le secrétaire a lu un rapport contenant le passage significatif suivant: « Il est déjà admis par les membres du Parlement anglais que la propagande efficace, faite par notre Institut, au moyen de la presse, de sociétés annexes, de conférences et de brochures pour faire connaître les inconvénients du système métrique français ont créé un puissant mouvement d'opinion en faveur de la suppression de l'usage même facultatif du système métrique dans la Grande-Bretagne, et récemment, un acte du Parlement a été passé dans ce sens.

Il est urgent, maintenant, d'arriver à la suppression de ce fléau aux États-Unis, et on fait circuler une pétition pour demander au Congrès l'in-

terdiction de l'emploi, dans toute branche des services publics, de mesures autres que les mesures anglo-saxonnes, telles qu'elles ont été modifiées et instituées par les statuts des États-Unis. On a obtenu, en quelques jours, plus de 1,000 signatures pour cette pétition, dans la ville de Cleveland. Des listes de pétition semblables circulent par milliers aux États-Unis. »

Dans la même séance, un membre reprenant un argument que nous avions déjà cité, a déclaré solennellement que la race anglo-saxonne était destinée à dominer sur la terre, et qu'elle était l'héritière du système original de poids et mesures, établi par la Divinité elle-même et déposée dans le plus considérable des monuments anciens, la grande pyramide d'Égypte. On pourrait croire que l'orateur se contente d'une antiquité si reculée; nous devons à la vérité de déclarer qu'il rencontre le pouce anglais bien plus en arrière, au delà du déluge et, dit-il, presque sur les portes mêmes du paradis terrestre, sinon dans le jardin lui-même.

Nous pourrions citer diverses lettres, entre autres, une de l'ingénieur en chef de la construction du chemin de fer national mexicain, déclarant que le système métrique est impraticable ou à peu près pour le tracé des chemins de fer.

L'*Engineering News*, où nous trouvons ces singuliers documents, bien que peu favorable au système métrique, ne peut s'empêcher de relever le ridicule de ces arguments. Le journal américain part d'un autre point de vue; il considère qu'il n'est pas exact que le mètre, l'unité du système français, possède, comme type universel, un avantage sur une unité quelconque et que si, par impossible, toutes les mesures métriques existantes venaient à disparaître de la surface du globe, on pourrait retrouver exactement et rigoureusement l'unité, en employant le moyen dont on s'est servi pour l'obtenir une première fois. S'il n'en est pas ainsi, il n'y a pas de raison de changer les mesures anglaises pour une mesure qui ne posséderait pas le caractère d'universalité qu'on lui attribue.

Le journal américain invoque donc l'argument par lequel on conteste que le mètre soit rigoureusement la dix-millionnième partie du quart du méridien terrestre. Il croit qu'il aurait mieux valu à l'origine, prendre pour unité la longueur du pendule qui bat la seconde. Mais cette longueur est variable suivant les endroits et ne présente pas par conséquent le caractère d'universalité recherché.

Le diamètre de la terre est un élément fixe et simple, et il semble qu'une unité, en rapport avec cet élément, est sujette à moins d'objection; or, il se trouve que le pouce anglais diffère moins de 1/500,500,000 de l'axe polaire de la terre que le mètre de 1/10,000,000 du quart du méridien terrestre.

Cette question a été traitée magistralement par sir John Herschel, et le journal américain pense que les adversaires du système métrique feraient mieux d'aller chercher leurs arguments dans les ouvrages de l'illustre astronome que de remonter aux pyramides d'Égypte ou d'invoquer la révélation divine comme origine du pouce anglais.

Quoi qu'il en soit, il est permis de supposer, d'après ce qui précède, que l'unification des poids et mesures n'est pas encore à la veille d'être accomplie.

La lumière électrique aux États-Unis. — Nous trouvons, dans le même journal, un aperçu de la rapidité avec laquelle la lumière électrique se répand aux États-Unis. C'est dans ce pays qu'ont été formées, dit-il, les premières compagnies pour la distribution de l'électricité pour l'éclairage. Celle de Salt Lake City est, paraît-il, la plus ancienne. Il y en a dans la plupart des villes importantes. A Denver, Colorado, ville de 35,000 habitants, plus de 200 lumières à arc sont installées dans des hôtels, magasins, etc., et alimentées par l'électricité fournie par une compagnie; la lumière coûte de 20 à 30 pour 100 de moins que le gaz, tout en étant plus considérable. Ces compagnies font de très bonnes affaires.

On procède pour leur établissement, absolument comme on a fait, il y a trente ou quarante ans, pour établir l'éclairage au gaz. Il se forme une compagnie locale, laquelle, étant indépendante, peut profiter de l'expérience de la dernière heure. Elle achète une licence des propriétaires du système adopté, un terrain, fait une construction et y établit des chaudières, des machines à vapeur et des générateurs d'électricité. On prend de puissantes machines motrices avec des volants de 8 à 10 tonnes, pour obtenir une grande régularité de marche et supprimer les oscillations dans la lumière. Nous ne connaissons pas encore d'application des forces hydrauliques, mais il n'y a pas de doute que cette application puisse se faire avec avantage dans le voisinage des grands cours d'eau américains. Les conducteurs sont souterrains ou aériens et disposés pour recevoir facilement des branchements, absolument comme des conduites de gaz. Des appareils analogues à des robinets pour allumer et éteindre sont fournis avec les lampes, et le tout est visité et entretenu par les employés de la compagnie.

L'emploi de mâts ou de tours d'une hauteur qui atteint 60 mètres devient général pour l'éclairage public. La ville de Denver est éclairée avec des tours de ce genre et pour le prix payé auparavant pour le gaz, on éclaire une surface quatre fois plus considérable.

A Albany, 300 lampes électriques ont remplacé 2,000 becs de gaz ou lampes à huile. Akron Ohio est éclairée par des tours, et Wabash Ohio, par quatre lampes à arc placées sur le clocher du Palais de Justice (voir chronique d'avril 1881, page 374). A New-York, il y a des compagnies concurrentes dont l'une alimente 1,000 lampes particulières et s'installe pour en alimenter 4,000.

La plus originale de toutes les applications est celle qui a été faite à la Nouvelle-Orléans. Dans le delta fiévreux du Mississipi, la fraîcheur relative de la nuit a conduit à faire les courses de chevaux à la lumière électrique.

Les compagnies se font payer une somme annuelle pour la force motrice, suivant le nombre d'heures d'éclairage. Elles fournissent et entretiennent les lampes; les consommateurs n'ont à s'occuper que des crayons. Le prix moyen est de 750 francs par an, pour un foyer donnant 2,000 bougies et équivalent par conséquent à 125 becs de gaz et 16 bougies chacun. Une boutique, éclairée actuellement par 20 becs de gaz, le serait mieux avec une seule lampe à arc de la puissance de 100 becs.

On peut objecter à cette manière de voir que le nombre et la distribution des foyers lumineux est beaucoup plus à considérer que la quantité de lumière émise par un point unique. Mais, quelle que soit la valeur de cet argument, la pratique américaine est, en ce moment au moins, en faveur des foyers puissants en très petit nombre, sinon uniques.

Expériences sur une machine à gaz. — Nous trouvons, dans le *Journal of the Association of Engineering Societies*, un intéressant rapport fait à l'*Engineer's Club* de Saint-Louis par M. C. A. Smith, sur des essais faits sur un moteur à gaz.

Cette machine du type Otto avait été faite à Cologne et était employée par la Compagnie du gaz de Saint-Louis, pour actionner un ascenseur. Le cylindre a $0^m,23$ de diamètre, la course est de $0^m,40$, l'espace neutre représente $0^m,25$ de la course du piston, le nombre de tours par minute varie de 144 à 160.

La machine a été vendue pour produire 12 chevaux sur le piston, avec une consommation de gaz de 600 litres par cheval et par heure.

On sait que, dans ce genre de machine, il n'y a qu'une explosion pour deux tours de l'arbre moteur; le piston, en se rapprochant de l'arbre, aspire le mélange détonant, en revenant, il le comprime, puis l'explosion chasse le piston vers l'arbre, et au retour, les produits de la combustion sont expulsés. Le cylindre est refroidi par un courant d'eau circulant dans une enveloppe.

Les essais ont été faits du 12 février au 5 mars 1881. On a relevé un grand nombre de diagrammes d'indicateur, le nombre de tours de l'appareil était mesuré par un compteur, et le volume de gaz dépensé était apprécié au moyen d'un grand compteur; on mesurait séparément le gaz consommé par le bec extérieur d'allumage. Un frein permettait de mesurer la puissance développée sur l'arbre.

Une expérience au calorimètre fut préalablement faite, pour apprécier le pouvoir calorifique du gaz employé, qui fut trouvé sensiblement celui indiqué par le docteur Siemens, soit 700 unités anglaises par pied cube, ce qui correspond à très peu près à 6,230 calories par mètre cube.

Voici les résultats obtenus:

Puissance moyenne à l'indicateur, pour 160 tours. . . .	$11^{ch},6$
Puissance moyennne au frein id.	9 4
Travail absorbé par les frottements	2 2
Rendement mécanique	0 84

Gaz dépensé par heure par la machine	8,726	litres.
Gaz dépensé par heure par le bec d'allumage. . . .	100	
Total :	8,826	
Gaz par heure et par cheval indiqué.	760	
Gaz par heure et par cheval au frein	940	
Eau dépensée par heure.	220	

L'auteur fait observer que, si la consommation est notablement supérieure à celle qui est annoncée, c'est probablement parce que la pression finale observée sur les diagrammes est beaucoup plus élevée que celle qui est constatée sur les diagrammes des expériences de MM. Crossley, de Manchester, qui ont probablement servi à établir les consommations.

Cet appareil est assurément très curieux comme machine calorique. Si on prend la consommation trouvée de 760 litres par cheval indiqué, et le pouvoir calorifique du gaz à 6,230 calories, on trouve qu'un cheval-vapeur est développé sur le piston, au prix de 4,735 calories. Si on prend de la houille de bonne qualité, pouvant développer par sa combustion 8,000 calories, l'équivalent de dépense de cette houille serait de moins de 600 grammes pour un cheval produit sur le piston, dépense inférieure à celle des meilleures machines à vapeur connues.

Avec le gaz au prix de 2,25 dollars les 1,000 pieds cubes, ce qui fait 0,40 le mètre cube, les machines à vapeur n'ont pas à craindre de concurrence, au moins au point de vue du prix, mais, avec l'emploi de combustibles gazeux à bon marché, les avantages que présentent par ailleurs ces nouveaux moteurs pourraient, dans un avenir peu éloigné, en faire de dangereux rivaux pour les machines à vapeur.

Congrès de la Société technique de l'industrie du gaz.

La Société technique de l'industrie du gaz en France vient de publier le compte rendu de son huitième congrès, tenu au mois de juin de l'année dernière, à Nantes, sous la présidence de M. Ellissen, assisté de MM. Foucart, vice-président, et Cornault et Marché, secrétaires; Vée, trésorier. Lebon et Servier, anciens présidents; Ancel, Backler, Bremond, Da Costa, Leclerc et de Loriol, membres du Comité.

Le rapport du président a constaté la situation prospère de la Société qui compte actuellement 13 membres honoraires, 308 membres sociétaires et 45 associés, total 366 membres.

La Société a décerné quatre prix, savoir :

1° A l'auteur de l'*Étude sur les compteurs à gaz* (M. Salanson).

2° A l'auteur du mémoire sur l'*Établissement des canalisations de gaz et les moyens d'y découvrir les fuites et les réparer* (M. Oppenheim).

3° A l'auteur de l'*Essai sur la ventilation par le gaz des maisons à loyer* (MM. Fessard et Leretz).

4° A l'auteur du mémoire sur l'*Utilisation du calorique dans les fours de distillation* (M. Melon).

Il a, en outre, partagé une somme prévue entre les auteurs des meilleures communications faites au congrès de 1880, qui se sont trouvés être MM. Brouardel, Cadel, Leclerc et Servier.

Il a été accordé, de plus, cinq prix de 200 francs chacun à des contremaîtres ou ouvriers ayant de longs services dans des usines à gaz.

Le compte rendu que nous signalons forme un volume de 600 pages, accompagné de 25 planches et de figures dans le texte. Il comprend, outre divers rapports relatifs à la marche de la Société et aux prix à décerner, les procès-verbaux des séances et le résumé des visites et excursions, 42 mémoires sur les diverses questions qui touchent à l'industrie du gaz.

La plupart de ces communications sont d'un très grand intérêt. Nous citerons plus particulièrement.

1° Un mémoire de M. Bremond, directeur de la Compagnie Madrilène du gaz, sur l'influence de la raréfaction de l'air, de la pression barométrique et de la température sur le pouvoir éclairant du gaz. L'auteur, profitant de la situation particulière du chemin de fer du nord de l'Espagne qui, entre Madrid, situé à l'altitude de 610 mètres et Saint-Sébastien à peu près au niveau de la mer, franchit le Guadarrama à 1,373 mètres d'altitude, a fait des expériences avec du gaz emporté de Madrid, dans des réservoirs disposés sur un wagon spécial, aux diverses stations de la ligne; ce qui lui a permis de constater que, la courbe des pouvoirs éclairants étant sensiblement une droite inclinée, la perte de pouvoir éclairant due à la raréfaction de l'air croît à mesure que l'altitude augmente.

On en conclut que, le gaz qui aurait, à Paris, un pouvoir de 105 litres, n'en a plus à Madrid qu'un de 87, et si on étend la comparaison à des localités situées à des altitudes encore plus considérables, on trouve que le même gaz à Mexico, situé à 2,212 mètres, n'aurait plus qu'un pouvoir éclairant représenté par 30.

M. Bremond a donné un second mémoire sur l'influence de l'état hygrométrique du gaz sur le pouvoir éclairant, contenant un grand nombre d'observations, desquelles il conclut que le gaz, surtout à des températures élevées comme dans les pays chauds, se charge de vapeur d'eau qu'il abandonne le soir dans les conduites, laquelle vapeur d'eau, par entraînement ou par dissolution, amène la condensation des vapeurs d'hydrocarbure; il faut donc, autant que possible, isoler le gaz du contact ou du voisinage de l'eau.

2° La note sur l'utilisation du calorique, dans les fours de distillation, par M. Melon, note qui a remporté, comme nous l'avons indiqué plus haut, un des prix de la Société technique. L'auteur examine la température de combustion dans le foyer, qui peut être admise aux environs de 2,000 degrés, les diverses pertes de calorique, par la cheminée, par le rayonne-

ment du masque, par celui du massif, par la sortie des produits, la perte dans le foyer et les pertes diverses; il arrive à conclure que ces pertes atteignent 89 pour cent, et que par conséquent, la chaleur utilisée réellement pour la distillation ne représente que les 11 pour cent de celle qui est développée dans le foyer.

Il recherche ensuite combien de calories il serait possible de retenir dans le four par des modifications convenables.

On peut surtout agir sur le rayonnement et sur la perte par la cheminée et, en utilisant la chaleur perdue par celle-ci, on pourrait réaliser une économie de plus de 40 pour cent, correspondant à 500 kilogrammes de combustible par foyer et par 24 heures.

Cette utilisation peut se faire, en employant les chaleurs perdues à une opération accessoire de la distillation ou qui s'y rattache; en échauffant l'air destiné à la combustion; en produisant de la force motrice, et enfin, en utilisant les chaleurs perdues à des opérations, telles que la fabrication du sulfate d'ammoniaque ou tout au moins la concentration des eaux ammoniacales.

3° La question du chargement mécanique des cornues a été traitée par plusieurs auteurs. Elle a fait l'objet d'une note de M. Bremond, sur une machine à charger de son invention, fondée sur le principe d'un ventilateur à force centrifuge, recevant le charbon d'une tremie et le lançant dans la cornue; cette machine est installée à l'usine à gaz de Nantes; d'une note de M. Melon sur la machine à charger les cornues de M. Jarlot, qui est une modification d'une première machine du même auteur et qui se compose d'une benne en tôle de 130 kilogrammes de capacité, montée en face de la bouche de la cornue par un élévateur et vidée au moyen d'un fond mobile. M. Monnier a également donné une note sur le chargement mécanique des cornues, système Ross, qui fonctionne en Amérique, notamment à Cincinnati, et qui est basé sur le déplacement de la houille par le choc d'un fluide élastique, vapeur ou air comprimé; cet appareil donnerait, d'après M. Monnier, une grande économie, une paire de machines (déchargeur et chargeur) pouvant charger 144 cornues toutes les 4 heures, avec 32 hommes et en remplaçant 48 (24 de jour et 24 de nuit) nécessaires avant l'adoption des machines.

4° M. Salanson, directeur de l'usine à gaz de Nîmes, a donné une étude sur les compteurs à gaz qui a reçu un des prix de la Société, et dans laquelle l'auteur étudie très complètement la forme des volants, les conditions de leur fonctionnement, le calcul des volants et la détermination du volume d'un compartiment mesurant, et termine par un certain nombre d'applications à la détermination des éléments de compteurs de grandeurs diverses et à celle du déficit produit par l'abaissement du plan d'eau.

Le même auteur donne également une note sur son indicateur du niveau d'eau pour les compteurs à gaz, et une autre sur l'épuration par l'oxyde de fer naturel et la revivification dans les caisses; cet oxyde de fer est un

minerai de Tafna (Algérie) ou un minerai de Sumène (Gard); la revivification se fait à l'aide d'un courant d'air entraîné par un jet de vapeur.

5° Un mémoire de M. Oppenheim, directeur de l'usine à gaz d'Albi, mémoire couronné par la Société, sur l'établissement des canalisations de gaz et les moyens d'y découvrir les fuites et de les réparer. L'auteur étudie très complètement la question de la nature des tuyaux et du système à adopter, dans lequel on doit surtout, à son avis, se laisser guider par des considérations locales; la question des joints est liée à celle du système des tuyaux, et l'auteur n'hésite pas à donner la préférence au système Somzée, à bague de caoutchouc serrée, soit par la conicité du bout mâle, soit par une série alternative d'évidements et de saillies. La question de l'exécution est également traitée en détail. Ensuite, vient la vérification des fuites, puis les moyens employés pour leur réparation qui renferme des considérations pratiques d'un grand intérêt.

6° M. Marché a donné une note sur les brûleurs intensifs Siemens à régénérateur qu'il nous suffira de signaler, puisque la question a été traitée devant la Société des Ingénieurs civils [1], et une autre sur la répartition de la lumière, dans l'éclairage des voies publiques et des grandes salles. Dans cette dernière note, l'auteur se propose de rappeler quelques principes généranx sur la répartition de la lumière dans un éclairage donné, répartition qui joue un très grand rôle dans l'utilisation rationnelle de la lumière et dont on semble toutefois négliger beaucoup l'étude, alors qu'elle permet seule d'arriver aux quantités de lumière, au-dessus desquelles il y a dépense inutile, et au-dessous desquelles l'éclairage est insuffisant.

Le point de départ est, que la quantité de lumière reçue par l'unité de surface, en un point quelconque d'un plan donné, est proportionnelle à l'intensité du foyer qui l'éclaire, en raison inverse du carré de la distance et qu'elle varie avec l'inclinaison du rayon lumineux qui joint le foyer au point considéré.

L'effet se traduit par la production de zones trop éclairées et de zones insuffisamment éclairées.

Un point délicat est celui de la quantité de lumière que doit recevoir un mètre carré de surface du sol, par exemple dans l'éclairage des rues, pour qu'on considère cette surface comme suffisamment éclairée et quel est le chiffre, en fractions de l'unité, au-dessous duquel l'éclairage sera considéré comme insuffisant; il est évident qu'on devra recourir, pour cette détermination, à des conventions spécialement posées à cet effet. L'auteur, partant de certaines hypothèses pour ces limites, examine la répartition de la lumière sur une voie publique; la bonne répartition, dans ce cas, exige qu'on réduise autant que possible l'étendue des zones trop éclairées (au point de vue de l'économie de gaz), et qu'on supprime la zone obscure (au point de vue de la sécurité). Des formules données dans la note permettent

1. Communication de M. Cornuault, séance du 21 janvier 1881.

de déterminer l'étendue et l'emplacement de ces zones de mauvaise répartition.

Les mêmes formules s'appliqueraient au cas des salles, mais, pour celles-ci, il y a à tenir compte de considérations spéciales, telles que l'éclairage de certains points particuliers, bureau, tableaux d'amphithéâtre, cartes, plans, etc., qui rendent la question moins facile à résoudre par des formules que la précédente.

Nous signalerons encore une communication de M. Laming sur des expériences relatives aux pertes de charge du gaz dans les longues conduites, et deux notes envoyées par notre éminent et vénérable collègue, M. Daniel Colladon, un des vétérans de l'industrie du gaz, l'un sur un tâte-goudron, pour mesurer la hauteur du goudron dans les fosses, et l'autre sur la mise au gaz des cloches de gazomètres, au moyen d'une méthode conseillée par l'auteur dès 1850, pour économiser le gaz dans cette opération et la rendre plus rapide et beaucoup moins dangereuse, et employée par lui un grand nombre de fois, notamment à Genève, à la Chaux-de-Fonds, à Naples, Lausanne, etc.

Outre le volume dont nous venons de parler et qui contient ce qui est relatif au Congrès tenu à Nantes, la Société a également publié un autre volume contenant les procès-verbaux des réunions tenues à l'occasion de l'Exposition d'électricité de Paris.

Le prochain Congrès de la Société technique de l'industrie du gaz se tiendra à Paris, au mois de juin prochain, sous la présidence de M. Foucart.

Le professeur Culmann. — Notre collègue, M. J. Meyer, ingénieur en chef de la construction des chemins de fer de la Suisse occidentale, et membre du conseil de perfectionnement de l'École polytechnique de Zurich, a donné dans le *Bulletin de la Société Vaudoise des Ingénieurs et Architectes* une notice nécrologique sur le docteur Ch. Culmann, ingénieur et professeur à l'École polytechnique fédérale de Zurich, et les services rendus par ce savant à notre profession, surtout au point de vue de la généralisation de l'emploi des méthodes graphiques, nous engagent à reproduire quelques passages de la notice de notre collègue.

Culmann était né à Bergzabern, dans la Bavière rhénane, en 1821, mais l'origine alsacienne de sa mère et le fait que son oncle paternel était officier d'artillerie en France et professeur à l'école d'application de Metz, furent cause qu'il fit la plus grande partie de ses études en France, à Wissembourg et à Metz.

Toutefois, les circonstances les lui firent terminer à l'École polytechnique de Carlsruhe d'où il sortit comme ingénieur, en 1841. Il passa plusieurs années dans les chemins de fer, sous les ordres des ingénieurs Denis et Pauli, et remplit, pendant cette période, une importante mission scientifique, en allant étudier les grands ouvrages d'art, en Angleterre et en Amérique. Ses relations de voyage, notamment en ce qui concerne la construc-

tion des ponts métalliques, furent extrêmement remarquées, et ce fut le commencement de sa réputation.

Ce fut en 1855 qu'il fut appelé à Zurich, lors de la réorganisation de l'École polytechnique, sur la marche de laquelle il exerça une grande influence et dont il fut directeur de 1872 à 1875. Mais, tout en y consacrant la plus grande partie de son activité, il n'en rendit pas moins de très grands services dans les questions les plus importantes des travaux publics; on peut mentionner, parmi ses titres, l'enquête sur les torrents des Alpes et du Jura, les études sur les corrections du Rhin et de la Reusse, des missions aux Expositions de Londres, de Paris et de Vienne; des études de travaux publics, distributions d'eau, etc., à Bucharest, à Varna, etc.

L'œuvre scientifique principale de Culmann, dit M. Meyer, est sa Statique graphique qu'on peut appeler, à juste titre, une nouvelle science. Depuis longtemps il était surpris de la routine qui s'introduisait dans la science de l'Ingénieur, non seulement dans la pratique, mais même dans la théorie. En même temps, il fut frappé aussi de la supériorité des études techniques en France. Les travaux de Poncelet et de Cousinery, sur la solution graphique des problèmes relatifs à l'art de l'Ingénieur, le frappèrent tout particulièrement; mais il reconnut aussi que ces méthodes, qui se bornaient à construire géométriquement les formules développées analytiquement, étaient insuffisantes; que, pour développer ces procédés, il fallait des connaissances en mathématiques et spécialement en géométrie, plus étendues que n'en avaient les ingénieurs, même les meilleurs de l'époque. C'est pourquoi il continua ses études, dans sa carrière pratique, et ses talents mathématiques l'engagèrent à se vouer à l'étude scientifique de la répartition des forces dans les diverses parties des constructions pour lever, disait-il, les prétendues contradictions entre la théorie et la pratique. Pour arriver au but, il comprit qu'il fallait non seulement être un théoricien consommé, mais aussi y joindre une grande expérience pratique. Il se mit donc à l'étude de la géométrie supérieure, dans laquelle il entrevoyait l'instrument qui devait le conduire au but désiré. Il étudia les œuvres de Steiner et de Standt sur la géométrie de position et en même temps celles des géomètres français Monge, Poncelet, Chasles, etc., et du géomètre anglais Salmon sur la géométrie supérieure et les propriétés projectives des figures. Ce qui renforça encore chez lui l'idée de poursuivre cette méthode géométrique, ce furent ses relations avec un ingénieur français des Ponts et Chaussées, M. Oudry, le constructeur du pont d'Arcole à Paris. Nous ne savons pas au juste à quelle époque remontent ses relations avec cet ingénieur, nous pensons que ce fut lors de son voyage en Angleterre ou en Amérique; mais ce que nous nous rappelons, c'est qu'il nous a, à plusieurs reprises, parlé des belles méthodes graphiques qu'employait cet ingénieur, et qui étaient inédites.

Dans les quatre premières années de son enseignement à Zurich, Culmann ne donna pas encore la statique graphique proprement dite,

mais seulement certaines constructions graphiques dans le genre des méthodes de Poncelet et de Cousinery, telles que sa théorie de la poussée des voûtes et des murs de soutènement, publiée en 1855 et la théorie de la pression des voûtes sur leurs cintres, mémoire inséré dans le programme de l'École de 1857.

En 1859, pour la première fois, il commença à entrer dans la statique graphique proprement dite, en donnant quelques applications des polygones réciproques des forces et des polygones funiculaires à la théorie des arcs métalliques et à la détermination des moments fléchissants des poutres. Mais ce ne fut guère qu'en 1860 qu'il ouvrit un cours régulier de statique graphique. Il lui fallut des efforts soutenus et répétés pour obtenir du Conseil de l'École que l'enseignement géométrique fût donné dans l'établissement d'une manière suffisante pour servir de préparation à la statique graphique, et ce ne fut qu'en 1864 qu'il put obtenir de faire donner un cours d'un semestre sur les éléments indispensables de la géométrie de position.

En 1864, parut le commencement, et en 1866, la fin de la première édition de la *Statique graphique*. L'apparition de cet ouvrage fit réellement époque dans la science, et il fut apprécié à sa juste valeur en Allemagne, en France et en Italie. Les écoles techniques allemandes cherchèrent immédiatement à introduire ces méthodes dans leur enseignement; les élèves que Culmann avait formés et qui furent ses assistants, furent appelés successivement à y enseigner ses théories, et des professeurs distingués, parmi lesquels on peut citer MM. Winkler à Vienne, Mohr à Stuttgard, Bauschinger à Munich, Weyrauch à Stuttgard, Reuleaux à Berlin (ce dernier avec application spéciale à la construction des machines) se mirent à introduire cette méthode dans leur enseignement, de sorte qu'elle ne tarda pas à se vulgariser en Allemagne. En Italie également, l'enseignement de la statique graphique fut introduit dans les écoles polytechniques, alors en voie de formation.

En France, quoique ce fût le pays où se développèrent en premier lieu les méthodes graphiques par les beaux travaux de Poncelet, de M. Lalanne et de bien d'autres savants ingénieurs, cette méthode se développa plus lentement, probablement parce que la langue allemande est peu connue en France; cependant, cette première édition fut accueillie par l'approbation unanime des hommes les plus compétents parmi les ingénieurs. En 1874, parut un ouvrage de M. Maurice Lévy, ingénieur des ponts et chaussées, sur la statique graphique, qui en exposa les premiers éléments. M. Lévy fut appelé, en 1876, à professer ce cours à l'École Centrale des arts et manufactures, cours qui est resté, dès lors, inscrit dans le programme de cette école. Peu à peu, cette méthode s'introduisit dans les grands ateliers de construction qui cherchèrent à s'attacher, dans leurs bureaux d'études, des anciens élèves de Culmann. Ainsi : au Creusot, chez MM. Eiffel, Joret, Cail, etc., mais ce fut surtout depuis l'apparition, en 1880, de la traduction de sa seconde édition, que

cette méthode commença à se répandre en France, où nous sommes persuadé que, grâce à la culture complète et à l'intelligence particulière des ingénieurs français pour les méthodes géométriques, intelligence que Culmann lui-même avait toujours signalée, et qu'il rappelle dans sa préface de 1879 à l'édition française, elle recevra son plein développement.

En 1875, parut la première partie de la seconde édition de cette œuvre capitale. Là, le travail continu de l'infatigable chercheur se constate facilement : le chemin parcouru est énorme, la méthode plus complète et plus généralisée. On y voit figurer, à côté des solutions géométriques, les solutions analytiques, dont les formules ont été, dans la plupart des cas, déduites de ces développements géométriques. Pour la première fois, il y traite de l'application de la théorie des moments de second ordre à celle de l'élasticité, application qui sera appelée à occuper une large place dans la seconde partie non encore terminée de son ouvrage et aura un grand avenir. Ce sont ces théories dont, dans cette première partie, il fit déjà l'application aux arcs élastiques, qui permirent de donner le jour à ces magistrales constructions d'arches métalliques, entre autres le pont du Douro, dont les plans et modèles furent si remarqués à l'Exposition de Paris, en 1878, le grand viaduc de Garabit, construits l'un et l'autre par MM. Eiffel et Cie, Paris, et chez nous, en Suisse, le beau pont de Javroz, près de Bulle, le pont de Scharzwasser, près de Berne, actuellement en construction, et enfin le grand pont du Kirchenfeld à Berne dont la construction vient d'être décidée.

La traduction française de cette première partie parut, en 1880, à Paris; elle eut un grand succès et fut honorée d'une souscription du ministère des travaux publics, et nous ne doutons pas qu'elle ne contribue à répandre, en France, l'étude et l'usage de cette belle méthode.

Depuis l'année 1876, Culmann travaillait avec une ardeur infatigable au couronnement de son œuvre, à la seconde partie de cet ouvrage magistral, qui devait contenir surtout les applications aux fermes, aux arcs, à la poussée des terres et de l'eau, aux murs de soutènement et de retenue, aux barrages, à la théorie des voûtes, etc., etc.; il nous a été donné d'en voir une partie des manuscrits et de pouvoir apprécier combien elle eût été digne du commencement. Malheureusement, la mort est venue nous ravir cet illustre maître, avant qu'il eût terminé son œuvre. Nous espérons que, parmi ses anciens élèves et disciples, il se trouvera des continuateurs qui pourront contribuer à conserver à la science cette œuvre inachevée.

Culmann est mort, le 9 décembre dernier, à Zurich, à la suite d'une inflammation pulmonaire dont il avait contracté le germe à Constantinople, dans un voyage dont le but principal était d'étudier la construction remarquable des voûtes de Sainte-Sophie, pour l'introduire dans son enseignement à l'École et dans la seconde partie de son traité.

Culmann conserva jusqu'à son dernier moment la sérénité de l'âme qui est l'apanage de l'homme de bien; quelques jours avant sa mort, sentant celle-ci prochaine, il manifesta le désir de dicter ses dernières volontés,

mais ce fut un vain effort, il était trop affaibli; et tout ce qu'il put dire, ce furent ces paroles qui furent les dernières..... « J'ai eu une belle vie..... » « Il exprimait ainsi, disait à la cérémonie de ses funérailles M. le pasteur Jaccard, le contentement que lui procuraient les marques constantes d'estime et de respect qui lui avaient toujours été témoignées, et nullement le désir d'être débarrassé d'une vie à charge. » Car il n'avait point terminé sa belle carrière, à laquelle il aurait pu être conservé encore de nombreuses années; il laissait des travaux importants inachevés, une famille éplorée et des enfants qui auraient eu besoin, pendant longtemps encore, de sa direction.

En reproduisant les principaux passages de cette notice nécrologique, nous pensons qu'elle contribuera, d'après le vœu de son auteur, à conserver la mémoire de cet homme de bien et la culture de la science dont il a été le créateur.

COMPTES RENDUS

ACADÉMIE DES SCIENCES.

Séance du 16 *janvier* 1882.

M. G. A. Hirn, en envoyant à l'Académie les « Réfutations des critiques de M. G. Zeuner » qu'il vient de publier, avec M. Hallauer, dans les *Bulletins de la Société Industrielle de Mulhouse*, accompagne cet envoi de remarques dont nous donnons un extrait ci-dessous.

M. Hirn rappelle qu'il a, dès le début de ses recherches sur la machine à vapeur, démontré qu'on ne peut établir une théorie tant soit peu correcte de ces moteurs, sans le secours continu de l'expérience directe, surtout à cause de l'influence perturbatrice dominante des parois des cylindres agissant comme récepteurs, positifs ou négatifs de chaleur. Une théorie qui ne tient pas compte des conditions matérielles des machines peut conduire à des erreurs de 40 et 50 pour cent sur les résultats fournis par des expériences bien faites.

Tout récemment, M. Zeuner, le professeur bien connu, aujourd'hui directeur de l'École polytechnique de Dresde, a publié une critique développée,

dans laquelle il s'efforce de démontrer que les *chercheurs alsaciens* ont faussement attribué à l'action des parois métalliques des cylindres une action qui dérive, au moins en très grande partie, de la présence d'une provision d'eau en permanence dans les espaces perdus, etc.

M. Hirn explique qu'en analysant convenablement les résultats d'expériences très correctes, il ne lui a pas été difficile de rétablir les faits réels, de montrer que les conclusions des chercheurs alsaciens restent intégralement debout, qu'ils n'avaient pas exagéré l'influence des parois des cylindres, et que la provision d'eau, en permanence, invoquée par M. Zeuner, si elle existe, est du moins tellement minime, qu'il n'y a nullement lieu de la mettre en parallèle avec l'action des parois.

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

NOVEMBRE 1881.

Rapport de M. DAVANNE sur les **procédés d'aciérage des planches gravées, de photogravure et d'impressions par vapeur** de M. H. GARNIER.

Le but de l'aciérage est de recouvrir la surface de la planche d'impression d'une couche de fer dur, qui la protège, pendant longtemps, contre l'action du tampon, de l'essuyage et de la presse, et qui peut être renovelée facilement et autant de fois qu'il est nécessaire, dès qu'elle présente les premières traces d'usure.

Cette opération, qu'on appelle l'aciérage, est due entièrement pour l'application à M. Garnier, dont le brevet date du 18 juillet 1857.

Elle est très simple; on prépare d'abord une solution aqueuse contenant 10 pour 100 de sel ammoniac et on fait passer, dans le bain, le courant d'une pile de Bunsen composée d'un ou de plusieurs éléments; au pôle positif (charbon), on attache une plaque de fer plongeant dans le bain. Le fil négatif (zinc) plonge également dans le bain. La planche gravée, bien décapée à la potasse et rincée à l'eau, est attachée au pôle négatif. Le courant attaque le fer du pôle positif, il se forme dans le bain du chlorure de fer ammoniacal, qui est décomposé à son tour, et le fer se dépose sur la planche; il faut une demi-heure pour que le dépôt soit suffisant. Le fer peut être déposé aussi bien sur le zinc que sur le cuivre, et il est tellement dur qu'il y a avantage à en recouvrir même les planches d'acier.

Lorsque la plaque, ainsi préparée, s'use et commence à montrer, par

places, la couleur rouge du cuivre, on la fait passer dans un bain d'eau acidulée par l'acide nitrique; le fer disparaît et on peut l'aciérer de nouveau.

Pour la photogravure au trait, on prépare une planche de cuivre avec une couche mince d'une dissolution de sucre et de bichromate d'ammoniaque dans l'eau.

Sur cette préparation séchée, on pose le cliché positif à reproduire, et on l'expose, soit au soleil, pendant une minute, soit à la lumière électrique, pendant trois. A l'action de la lumière pour imperméabiliser la couche, là où elle a agi, il faut ajouter celle de la chaleur, c'est pourquoi on chauffe légèrement; on couvre ensuite la plaque avec une solution de perchlorure de fer, et, après quelques minutes de contact, la planche est gravée. On enlève la réserve avec une brosse dure et une lessive de potasse. S'il est nécessaire de procéder à plusieurs morsures, on emploie les procédés divers de l'art du graveur.

Pour obtenir les dégradations de teintes par la gravure, on répète trois fois l'opération ci-dessus en ayant soin de bien repérer la planche. On peut obtenir ainsi des gravures sans retouche.

Pour des dessins de traits dont il faut faire la gravure en relief pour l'impression typographique, on conduit l'opération comme précédemment, seulement, après l'exposition, au lieu de faire apparaître l'image avec une poudre légèrement alcaline, on emploie le bitume de Judée qui forme réserve et on grave la surface avec le perchlorure de fer qui donne un premier creux, en laissant tous les traits en relief, et on continue à creuser le métal en alternant les encrages et les morsures par les procédés connus du gillotage.

M. Garnier a inventé, plus récemment, un procédé consistant à décalquer, au moyen des vapeurs, une image d'un objet sur un autre, procédé auquel il a donné le nom d'atmographie.

Lorsque, par saupoudrage ou par gravure directe, on a obtenu une image en creux, on remplit les traits avec une substance poudreuse, et il suffit d'exposer la planche qui porte l'image à une vapeur n'ayant pas d'effet sur elle; la poudre absorbe cette vapeur, et si on applique ce type sur une surface préparée avec un réactif altérable par cette vapeur, on obtient une impression. On peut prendre pour poudre de l'albumine, et pour vapeurs, celles d'acide fluorhydrique. Ce procédé permet de reporter des épreuves sur papier, de faire des épreuves vitrifiées, de reproduire des gravures, et on peut s'en servir pour des projections, en imprimant le dessin sur verre.

Exposition d'électricité : Conférences sur les procédés électro-métallurgiques, par M. Henri Bouillet.

Discours prononcé au Congrès médical international de Londres, par M. Pasteur.

Sur la vaccination charbonneuse, par M. PASTEUR.

Fabrication du sulfate d'alumine du commerce, et moyens de s'assurer de sa pureté, par M. DEBRAY.

La fabrication du sulfate d'alumine pur, c'est-à-dire exempt de fer, n'est pas facile, tout au moins d'une manière économique; les argiles exemptes de fer sont rares et coûteuses. On a proposé et essayé un grand nombre de substances et de procédés, la cryolithe, la bauxite, la précipitation du sesquioxyde de fer par de l'alumine en gelée en excès.

On a récemment livré au commerce un sulfate d'alumine neutre qui ne donne pas la réaction caractéristique des sels de sesquioxyde de fer, la précipitation par le cyanure jaune de potassium, mais qui n'en contient pas moins du fer. C'est en réalité un mélange de sulfate d'alumine, de zinc et de protoxyde de fer qui ne donne pas de précipité avec le cyanure jaune, mais qui en donne avec le cyanure rouge.

On obtient ce produit en faisant bouillir les dissolutions de sulfate d'alumine ferrugineuse avec du zinc qui sature l'acide, en donnant du sulfate de zinc et, réduisant par l'hydrogène le sesquioxyde de fer, le ramène à l'état de protoxyde. C'est un moyen de masquer la présence du fer au lieu de le supprimer, et, comme l'alumine précipitée par l'ammoniaque peut retenir 25 pour 100 de son poids d'oxyde de zinc, on peut croire qu'un sulfate contient 15 pour 100 d'alumine, alors qu'il n'en renferme que 12.

Il était utile d'appeler l'attention des chimistes industriels sur cette circonstance qui peut les induire en erreur sur la valeur et la qualité de certains sulfates d'alumine. On n'a d'ailleurs aucune difficulté à séparer l'alumine du zinc et du fer, en suivant les méthodes d'analyse indiquées pour des mélanges de ce genre, dans tous les traités spéciaux.

COMPTES RENDUS MENSUELS DES RÉUNIONS DE LA SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

DISTRICT DU CENTRE.

Séance du 14 août 1881.

Communication de M. GIBON, sur le **réchauffeur-épurateur de M. Lencauchez.**

Cet appareil est destiné à l'alimentation des chaudières à vapeur. La

vapeur d'échappement arrive d'abord dans un purgeur où elle se débarrasse des matières grasses et de l'eau mélangée, puis elle passe dans un tuyau sur lequel se trouve une soupape chargée à 1/10 d'atmosphère et destinée simplement à indiquer si l'appareil est ou non engorgé. Le réchauffeur proprement dit est cylindrique; l'eau y arrive vers le milieu de la hauteur, et, après avoir passé dans un faisceau tubulaire chauffé par la vapeur, tombe sur une série de plateaux perforés qui la transforme en pluie, la vapeur traverse cette pluie et chauffe l'eau qui traverse ensuite un filtre composé de gravier.

L'action continue de l'ébullition décompose les bicarbonates de chaux qui peuvent exister et les rend neutres et insolubles. Cet appareil fonctionne depuis plusieurs années aux forges de MM. de Wendel qui en sont très satisfaits.

Communication de M. Baurr, sur les **soupapes dites préservatrices des explosions.**

Ce système de soupapes présenté par M. Barbe, constructeur à Bruxelles, consiste en une soupape de sûreté renversée, établie sous le corps de la chaudière.

L'effet résulterait de ce que la soupape préservatrice, lorsque les soupapes de sûreté sont collées sur leur siège ou surchargées, s'ouvre et donne passage à l'eau, en prévenant l'explosion, M. Thouet a, dans la *Revue Universelle* de Liège, indiqué qu'il avait assisté à six expériences, où on alimentait après avoir porté la chaudière au rouge blanc. Un bruit sourd se faisait entendre et la soupape préservatrice fonctionnait avec plein succès.

La discussion qui a suivi la communication semble indiquer qu'on doute fortement que cette soupape puisse rester sans s'encrasser, à l'intérieur par les dépôts, et à l'extérieur par les fumées et poussières, et qu'en cas de production brusque de quantités considérables de vapeur, l'ouverture soit suffisante pour assurer l'écoulement rapide et prévenir l'explosion.

Désincrustation des chaudières (procédé Pistre).

Ce procédé consiste dans l'emploi d'huiles lourdes qu'on introduit dans la chaudière, à raison de 500 grammes d'huile par 1,000 litres d'eau, une fois par mois.

L'effet paraît être de précipiter au fond de la chaudière, à l'état de boue, les principes calcaires et salins qui, sans cela, auraient donné lieu à la formation d'incrustations adhérentes à la tôle.

Communication sur le **bassin houiller de Doyet**, par M. Durand.

Cette communication est une réponse aux objections faites par M. Fayol dans sa communication du 6 mars dernier.

Communication de M. GUILHAUMAT, sur le **lavoir de Saint-Éloi**.

Le principe de ce lavoir est celui du crible du Hartz ou des grilles filtrantes de Huet et Geyler; c'est un bac à piston avec une grille à barreaux méplats de 4 millimètres en carrés écartés de 5 millimètres. Au-dessus de la grille, et c'est là le caractère essentiel de l'appareil, doit constamment régner une couche de schistes de 0m,20 d'épaisseur qui constitue réellement la table de lavage.

Le prix de revient du lavage avec deux bacs, produisant ensemble 80 à 90 tonnes de lavé en dix heures, est de 25 à 30 centimes par tonne de charbon lavé.

RÉUNION DE SAINT-ÉTIENNE, 3 DÉCEMBRE 1881.

Communication de M. CHAROUSSET, sur une **récente** installation, faite aux mines de la Peronnière, **d'une transmission électrique**.

Il s'agissait d'actionner un treuil placé à l'intérieur de la mine et à 1,200 mètres du jour, les puits n'étant pas guidés.

La descente a 110 mètres de longueur, avec pente de 0m,40 par mètre; il y a une double voie de 0m,40 de large pour chaque, avec entrevoie de 0m,60; les rails Vignoles pèsent 13 kilog. le mètre courant.

La machine motrice, placée à l'extérieur, est de la force de 32 chevaux à un seul cylindre, avec régulateur Buss agissant sur la détente; elle commande par friction deux machines Gramme.

Les machines électriques de l'intérieur sont identiques à celles de l'extérieur et commandent les treuils par friction.

Les conducteurs sont au nombre de quatre, deux pour chaque machine; chacun est formé de seize fils de cuivre de 1 millimètre de diamètre. Ces fils sont recouverts d'une enveloppe isolante à base de coton, de bitume et de caoutchouc. Les conducteurs, dans le puits qui n'est pas guidé sont, par précaution contre les chocs, placés dans une gaine en bois. Dans les galeries, ils sont assujettis au-dessous des chapeaux des cadres, au moyen de planchettes portant des rainures qui les embrassent et les tiennent écartés les uns des autres.

Jusqu'à présent, le travail utile a été de 800 kilog. élevés en 1 1/2 minute sur un plan incliné de 110 mètres de longueur à 40 pour 100 de pente, ce qui équivaut à 5,2 chevaux, abstraction faite des résistances passives; les machines de l'extérieur tournent à 1,050 tours par minute, et on a l'intention de porter la vitesse à 1,300 tours pour accroître l'effet utile.

Soupape de sûreté Adams. — Quatre de ces soupapes ont été montées chez MM. Jacob Holtzer et Cie, dont une de 70 millimètres et trois de 44. Depuis l'installation de ces soupapes, dit l'auteur de la communica-

tion, M. Brustlein, la pression ne s'élève plus au delà de 4 kilogrammes, dans les vingt-deux chaudières généralement en marche et communiquant entre elles, tandis qu'auparavant les soupapes ordinaires n'empêchaient pas la pression de monter à 5 et 5 1/2 kilog.

La soupape Adams peut, d'après cette expérience, être considérée comme une *vraie soupape de sûreté*, donnant largement passage à toute la vapeur qui tend à surélever la pression, ce que les soupapes ordinaires ne font pas.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS.

12me livraison de 1881.

Les charpentes des divers projets du Concours pour la gare centrale de Francfort, en 1880, par M. Ph. Kron, ingénieur à Duisburg.

Moteur hydraulique pour machines à coudre, par M. Carl Schaltenbrand, ingénieur à Berlin.

Machines d'extraction jumelles du puits Proper II, à Berge-Borbeck.

L'électricité, à l'Exposition allemande de patentes et de marques de fabriques de Francfort.

Matériel de fonderie et d'atelier de construction de machines de Briegleb, Hansen et Cie, à Gotha.

Ponts sur le chemin de fer de Napier à Manawatu, la Nouvelle-Zélande. Théorie des arcs.

Pont sur le Weser à Furstenberg.

Thermomètre à mercure avec avertisseur électrique de contact.

Soupape pour la mesure exacte des fortes pressions hydrauliques.

Appareil pour relever le profil des rails et des bandages.

Compensation des pendules à seconde, eu égard à la température et à la pression atmosphérique.

Chauffage et ventilation de la banque « Germania » à Berlin.

Progrès du procédé basique, pour la fabrication de l'acier, de Thomas et Gilchrist.

Procédés de moulage des métaux et autres substances à l'état pâteux, de C. W. Siemens.

Le cri de l'étain.

Alliages de manganèse.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ET ARCHITECTES D'AUTRICHE.

6e *livraison de* 1881.

Formation et enlèvement d'un obstacle à la navigation, dans le Danube, à Vienne, par M. E. Gaertner, ingénieur.

Projet d'un nouveau port pour le pétrole, à Hambourg, par M. Zorn.

Expériences sur les poutres armées en fer, par le professeur Franz Rziha.

Le Secrétaire-Rédacteur,
A. MALLET.

PARIS. — IMPRIMERIE E. CAPIOMONT ET V. RENAULT, RUE DES POITEVINS
Imprimeurs de la Société des Ingénieurs civils.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

FÉVRIER 1882

N° 2

Pendant le mois de février, les questions suivantes ont été traitées :

1° *Pertuis du Viso*, par M. Rey. (Séance du 3 février, page 168.)

2° *Arlberg-Tunnel de l'* (Avancement des travaux du tunnel), par M. Meyer. (Séance du 3 février, page 171.)

3° *Caisses de retraite dans les chemins de fer*, par M. Albert Jacqmin. (Séance du 3 février, page 175.)

4° *Déphosphoration sur sole et au convertisseur Bessemer*, par M. Ferdinand Gautier. (Séance du 3 février, page 185.)

5° *Décès* de M. le baron de Burg. (Séance du 17 février, page 195.)

6° *Tramways en Italie, tramways à vapeur*, par M. Lavalard. (Séance du 17 février, page 196.)

7° *Aménagement des eaux* (Théorie générale de l'), par M. Cotard. (Séance du 17 février, page 198.)

Pendant le mois de février la Société a reçu :

De M. Lejeune, membre de la Société, un mémoire sur *la Question des chemins de fer devant le Parlement de* 1882.

De M. Moreau (Auguste), membre de la Société, un mémoire sur *les Chemins de fer d'intérêt local et la loi du 11 juin 1880.*

De M. Merle d'Aubigné, membre de la Société, un exemplaire de sa notice sur l'*Utilisation des forces motrices du Rhône par la ville de Lyon.*

De M. Calonne, un exemplaire de sa notice sur les *Chemins de fer et l'Etat.*

De M. de Courcy, administrateur de la Compagnie d'assurances générales, un exemplaire de son livre sur l'*Institution des caisses de prévoyance des fonctionnaires, employés et ouvriers.*

De M. Gautier (Ferdinand), un exemplaire de sa notice intitulée : *On The application of solid steel to the Manufacture of Small arms, projectiles and Ordnance.*

De M. Colladon, membre de la Société : 1° un exemplaire d'une note sur l'*Opération de la mise au gaz des gazomètres;* 2° un exemplaire d'une note sur l'*Appareil pour jauger le goudron dans les fosses;* 3° un exemplaire d'une notice de M. Albert Heim, professeur de géologie à l'École polytechnique de Zurich, sur les *Trois éboulements qui ont eu lieu le 11 septembre dernier à Elm, canton de Glaris.*

De M. Em. Lemoine, membre de la Société, un exemplaire d'une étude sur *la Formation et l'emploi des capitaux engagés dans les tramways nord et sud de Paris.*

De M. Lafond, photographe, deux photographies : vue de l'*Exposition d'électricité de jour et de nuit.*

De M. Meyer (Jean), membre de la Société, une note sur le *Chemin de fer de l'Arlberg et en particulier sur le grand tunnel de ce nom.*

De M. le Ministre de l'Agriculture et du Commerce, un exemplaire du *Rapport administratif sur l'Exposition universelle de 1878.* Deux volumes et un atlas.

De M. Bailly, conducteur des ponts et chaussées, un exemplaire d'une note intitulée : *Type d'aménagement complet des eaux d'une rivière non navigable ni flottable.*

De M. Jules Flachat, membre de la Société, un mémoire sur les *Cours à fond mobile et sur les inondations.*

De M. Gillot (Auguste), membre de la Société, un mémoire sur la *Théorie de Newton sur la gravitation universelle* et une note sur la *Théorie de la flamme.*

De M. Chaillou, ingénieur, directeur de la Compagnie générale des Tramways Suisses, un exemplaire d'une brochure avec atlas, sur les *Principes d'organisation d'une exploitation de tramways.*

De M. Prompt, ingénieur des ponts et chaussées, un exemplaire d'une notice sur l'*Action des cours d'eau sur le sol.*

De M. Létrange, membre de la Société, un exemplaire de sa *Réplique au Comité central des Chambres syndicales au sujet des tarifs des chemins de fer.*

De M. Léon Dru, membre de la Société, un exemplaire d'une brochure sur la *Péninsule malaise, projet de percement de l'isthme Krau Chai-ya-Talung.*

De M. Krémer, membre de la Société, une note sur les *Catastrophes du pont Saint-Charles, sur le Missouri, États-Unis.*

De M. Ducher et Cie, éditeurs, un exemplaire des *Observations présentées par MM. les architectes à M. le Préfet de la Seine, sur le projet de décret sur la hauteur, le mode de construction et la salubrité intérieure des bâtiments.*

Les Membres nouvellement admis sont :

MM.	Bertrand,	présenté par	MM. Cerbelaud, Julien et Kœchlin.
	Chevalier,	—	E. Chevalier, H. Chevalier et Rey.
	Abt,	—	Gottschalk, Mallet et Zschakke.
	Cossmann,	—	Mathias, Thouin et Émile Trélat.
	Delatte,	—	Doumère, Gautier F, Max de Nansouty.
	Dichl,	—	Gottschalk, Le Roy et Schoubart.
	Diésel,	—	Jourdain, Sauvan et Tridon.
	Desgranchamps,	—	Cahen Al., Bletry C. et Bletry A.
	Fehrenbach,	—	Barbe, Delaporte G. et Nobel.
	Grosseteste,	—	Clemandot, Elwell et Severac.
	Harrand,	—	Badois, Birlé et Marché.
	Hervier,	—	Carimantrand, Mallet et Marché.
	Leprètre,	—	Beaudet, Brüll et Le Bel.
	Michaud,	—	De Comberousse, Gottschalk et Le Roy
	La Rochette (de),	—	Guitton, Monnier et Thirion.
	S.-Claire Deville,	—	Lévi Littschfousse et Marché.
	Verdeaux,	—	Cerbelaud, Berton et Hauet.

Comme membre associé :

M. Lavalard, présenté par MM. Gottschalk, Ronna et Émile Trélat.

THEORIE DES POUTRES CONTINUES

RECHERCHE

DU MOMENT FLÉCHISSANT

QUI RÉSULTE DU PASSAGE DES CHARGES ROULANTES

PAR M. **CANOVETTI.**

Ingénieur des Arts et Manufactures, Chef de Section aux Chemins de fer de l'État.

INTRODUCTION

Ce travail n'est que la généralisation des études que j'ai dû entreprendre pour le calcul de plusieurs ponts pour routes à travées solidaires.

On pourra juger par son importance de la longueur et de la difficulté du travail préparatoire nécessité par l'étude de chaque cas particulier.

Fixer ce travail, le rendre facile, pratique à la portée du plus grand nombre des personnes qui peuvent être appelées à s'occuper de ces questions, dans la grande période des constructions qui vient de s'ouvrir, tel a été mon but.

J'ai dû avoir recours à chaque instant aux travaux précédents de M. Bresse dont j'ai gardé toutes les notations, en faisant, pour les poutres continues, ce que M. Kleitz avait déjà fait pour les poutres à une seule travée.

Historique. — La circulaire ministérielle du 9 juillet 1877 a réglé les conditions de résistance des poutres supportant des voies de fer (voir Annexes). Elle autorise l'hypothèse de surcharges uniformément réparties et l'emploi d'un tableau donnant pour chaque ouverture le poids correspondant par mètre courant de simple voie.

La circulaire ne fait pas de différence entre les poutres à une ou plusieurs travées.

M. Kleitz, inspecteur général des ponts et chaussées, qui a fait partie de la Commission chargée de préparer la circulaire ministérielle, indique que :

« Pour des travées de 25,30 et 50 mètres, leur rapport à celle de « rive étant égal à 1 ou 1,25..., les mêmes poids par mètre courant « peuvent être adoptés pour les poutres continues ou discontinues « supportant des voies de fer, mais rien n'autorise à présumer qu'il « en est de même pour les poutres soumises au passage de convois de « voitures dont la composition s'écarte bien autrement d'un charge- « ment uniforme que les trains de chemin de fer. »

Dans son mémoire publié dans les *Annales des Ponts et Chaussées* (décembre 1877), M. Kleitz donne pour type courant des convois de terre, le poids uniformément réparti par mètre courant qui, pour l'ouverture considérée, produit en tous points un moment fléchissant, égal ou supérieur à celui dû au passage de ce convoi, et cela pour les poutres à une seule travée.

Pour les poutres continues, il établit que :

« Les poids par mètre courant qu'il faudrait substituer aux charges « réelles sont de beaucoup inférieurs à ceux qui conviennent aux pou- « tres discontinues. Un même poids linéaire ne peut donner avec une « approximation convenable le moment positif aux points voisins des « piles et le moment négatif, dans la partie centrale de la travée, lors- « que celle-ci a moins de 20 à 25 mètres de longueur.

M. Kleitz n'a pas poussé plus loin cette étude, et il considère d'ailleurs un poids qui serait uniformément réparti dans toute la longueur de la poutre, lequel, comme il en fait la remarque, donne des moments très petits ou nuls aux environs des points de passage, tandis

que les charges réelles isolées produisent partout des moments négatifs en leur point d'application.

Pour nous, nous avons toujours supposé que, s'il était possible d'obtenir ce poids uniforme, il ne fallait pas seulement l'ajouter à celui du poids mort, mais, bien au contraire, l'introduire dans les formules de M. Bresse, comme une surcharge susceptible de subir toutes les modifications les plus défavorables.

Mais, est-il possible de remplacer par un poids uniformément réparti les charges roulantes ?

En ne considérant que les travées symétriques, ne reste-t-il pas comme variables : 1° le nombre des travées ; 2° le rapport de l'une d'elles à celle de rive ; 3° l'ouverture de cette première travée ?

Comme chargement, lequel est le plus défavorable, la charrette, poids unique, ou le chariot, poids couplés ?

Enfin, la plus grande difficulté sera la détermination du nombre et de la position des charges sur la travée que l'on considère et sur les voisines.

L'on comprend aisément qu'en présence de ces difficultés, les constructeurs aient été amenés à faire des hypothèses complémentaires.

Certaines compagnies de chemin de fer appliquent aux poutres continues pour routes les mêmes poids uniformément répartis qui conviendraient aux mêmes poutres supposées coupées sur leurs appuis.

Pour le chemin de fer du Nord, ces poids sont différents de ceux donnés par M. Kleitz, et cela, croyons-nous, à cause des hypothèses différentes faites sur la répartition de la charge entre les deux essieux, dans le cas du chariot et dans le nombre de charges pouvant se trouver dans la même travée.

D'autres constructeurs, après avoir couvert l'ensemble du pont par le convoi le plus lourd, divisent le poids total de la surcharge par la surface du tablier ; c'est le poids uniforme que l'on applique par mètre superficiel.

Ailleurs, on double ce résultat, en tenant compte de ce qu'il arriverait pour une seule travée, où la charge uniformément répartie est le double de la charge concentrée donnant le même moment fléchissant lorsqu'elle est placée au milieu de la poutre.

M. Bresse, dans son *Cours de Mécanique appliquée* (3e partie), dit :

« Quand il s'agit de déterminer, de transformer, une charge concen-

« trée en charge uniforme équivalente, au point de vue du moment de « flexion maximum, nous pensons que les ingénieurs devraient dis- « tinguer le cas d'une poutre à deux appuis simples et d'une poutre « à plusieurs travées solidaires.

« Dans le premier cas, ils admettraient que la charge concentrée « est double de la première ; dans le deuxième cas, s'ils ne voulaient « déterminer exactement celui qui convient à chaque travée de leur « poutre, ils pourraient prendre le coefficient 2,5, limite supérieure « de ces rapports, dans le cas des poutres continues. »

La Circulaire ministérielle dit que l'on pourrait remplacer l'action des charges roulantes par un poids uniformément réparti de 300 kilog. par mètre courant, lorsque son action sera plus défavorable ; mais quelle est la travée pour laquelle cela a lieu ?

M. Kleitz indique, d'après ses hypothèses de surcharge uniformément répartie, l'ouverture de 26 mètres pour laquelle ce poids serait égal à 750 kilog. par zone charretière de $2^m,50$ de large, soit 300 kilog. par mètre superficiel.

En cherchant, pour la répartition la plus défavorable de la surcharge réelle, l'ouverture à partir de laquelle on pourrait adopter ce chiffre de 300 kilog., on aurait la limite supérieure de portée exigeant l'étude directe de l'action des charges roulantes.

Mais ce chiffre de 300 kilog. n'a rien de fixe.

Les circulaires précédentes fixaient ce poids à 400 kilog. ; ce chiffre de 300 kilog. correspond à 750 par zone charretière de $2^m,50$ de largeur ; l'inspection de la figure 2, planche 39, montre que ce chiffre est dépassé même pour les grandes ouvertures ; d'ailleurs, d'après les convois admis de 20 tonnes, avec les attelages, occupant une longueur de tablier égale à 20 mètres, le poids roulant correspondrait au minimum à 410 kilog. par mètre carré de tablier.

En présence de cette indécision, nous pensons que la détermination des moments fléchissants produits par une charge se déplaçant sur la poutre, est bien préférable.

M. Bresse a déterminé d'une façon générale l'action d'une charge isolée quelconque sur la travée même qui la supporte et sur toutes les autres.

Mais, à cause même de la généralité de ces formules, elles sont longues à appliquer aux cas usuels.

D'ailleurs, il faudrait répéter ce calcul pour toutes les positions et déterminer l'enveloppe du moment fléchissant en tous points. On comprend aisément que ces calculs sont longs et ne disent rien à l'esprit.

Le formulaire graphique qui accompagne son ouvrage est au contraire clair, d'un usage facile et commode. Il y considère des poutres à 3, 4, 5, 6, 7 travées, pour chacune desquelles il fait varier les rapports δ et il donne pour chaque cas particulier :

1° L'enveloppe des moments fléchissants positifs ou négatifs qui ont lieu pour une charge uniformément répartie p ;

2° Cette même enveloppe pour une surcharge uniformément répartie p' par mètre courant, mais répartie sur toute la poutre, de façon à engendrer en tous points les maxima absolus d'effort.

Le poids propre du pont par mètre courant donnera le poids p à introduire dans la première partie des formules de M. Bresse, mais nous avons déjà montré les différences et les difficultés dans la fixation du poids p'.

Est-il possible au contraire étant donnée une poutre symétrique dont l'on aurait le rapport δ de l'une de ses travées à celle de rive, de déterminer en tout point quel est le moment fléchissant maximum, positif ou négatif que le passage des charges réelles peut y produire ?

Si cela est possible, on n'aura qu'à tracer *la* ou *les* courbes enveloppes de ce maximum, et on aura la représentation exacte et réelle de ce qui arrivera sous le passage des charges isolées, mieux que par l'hypothèse d'un chargement uniforme.

En employant les procédés graphiques, la difficulté qui résulte de l'emploi de formules complexes et de degré élevé est éliminée immédiatement, et le résultat obtenu offre une approximation plus que suffisante.

Rappel d'une partie de l'ouvrage de M. Bresse. — § 1ᵉʳ. Expressions particulières du moment de flexion en un point quelconque d'une travée.

« Le moment fléchissant en un point quelconque d'une travée se « compose de deux parties :

« 1° D'une partie proportionnelle à l'ordonnée d'une droite joi-
« gnant les extrémités des perpendiculaires élevées sur la fibre neutre
« aux deux appuis qui limitent la travée et qui représentent en gran-
« deur et en signe les moments fléchissants en ce point.

« 2° D'une partie exprimant ce que deviendrait le moment de flexion
« en ce même point si en conservant les mêmes charges la travée était
« *effectivement sciée* au-dessus des appuis sur lesquels on la poserait
« sans encastrement indépendamment de tout le reste.

De ce premier théorème résulte clairement que toutes nos recherches doivent tendre à la représentation exacte et rapide de la première partie, la deuxième étant définie sûrement à l'avance et pouvant être déterminée facilement.

« Les moments fléchissants sur les deux appuis qui limitent la travée
« qui supporte la charge étant connus, les moments fléchissants sur
« tous les autres appuis, s'en déduisent, la poutre étant définie dans
« le nombre et dans les rapports de ses travées, par des rapports
« numériques, établis par M. Bresse. Les moments fléchissants sur les
« premier et dernier appuis sont toujours nuls.

« Ces rapports sont < 1 (leurs limites sont de 0 et 1/2) ils sont suc-
« cessivement *négatifs* et *positifs*.

L'on voit par conséquent que l'action de la charge décroît rapidement quand on s'éloigne de la travée qui la reçoit, puisque pour avoir le moment fléchissant sur un appui, il faut multiplier celui qui le précède par une quantité < 1.

Les moments fléchissants produits par une charge sur les appuis qui limitent la travée sont toujours des signes positifs.

Mais la charge dans sa translation produit toujours des moments négatifs au point même de son application.

Il en résulte qu'une charge produisant des moments positifs sur les appuis qui limitent la travée, négatifs sur les suivants, et ainsi de suite alternativement, le moment négatif sur un appui ne peut être produit que par l'action des charges dans les travées non adjacentes à cet appui ; et à cause de la décroissance en valeur absolue, ces moments négatifs seront toujours inférieurs aux moments positifs déterminés par des charges identiques placées dans la travée même.

Pour avoir le maximum du moment fléchissant sur un appui, il ne faut donc considérer que les moments positifs. Ce maximum sera donné par la charge des deux travées adjacentes à l'appui considéré, les autres travées étant alternativement déchargées et chargées.

Cette disposition aura pour effet de donner sur l'appui des moments partiels tous positifs qui s'ajouteront en vertu du théorème de la superposition des effets des forces.

Pour avoir le minimum analytique, maximum des moments négatifs, il faudra au contraire ne pas charger les deux travées adjacentes à cet appui, les autres étant alternativement chargées et déchargées, car on n'aura ainsi que des moments négatifs sur l'appui considéré.

Mais en pratique, ce sont les maxima absolus dont on a besoin, ce sera donc des seuls moments positifs sur les appuis que l'on aura à s'occuper.

Quand on voudra au contraire avoir le maximum des moments négatifs dans la travée elle-même, on chargera cette travée en laissant vides les deux adjacentes, en chargeant les deux suivantes et ainsi de suite alternativement de deux en deux.

Les moments sur les deux appuis qui limitent la travée seront négatifs, ils s'ajouteront alors à ceux produits par le passage de la charge sur la travée même et on aura dès lors son maximum.

L'on voit que pour avoir ces maxima la loi est bien simple et résulte de la connaissance de l'action de la charge sur les appuis et sur la travée qui la supporte.

Il suffit donc de déterminer ces actions, pour qu'au moyen d'additions de forces connues on ait le résultat final cherché.

Étant donnés les moments des signes contraires qui prennent origine sur les deux appuis d'une travée par l'action des charges agissant dans les autres travées, la représentation graphique du moment fléchissant en tout point de cette travée, est la droite qui les joint.

Chaque travée chargée donnera lieu à sa droite représentant son effet sur les autres travées et les ordonnées de ces droites sont à ajouter où à retrancher suivant leur signe à celles représentant l'action de la charge sur la travée même qui la supporte.

Exposé de la marche suivie. — Soient X_1 X_2 les moments positifs déterminés sur les appuis par la charge Q à la distance A m.

Appelons q et r les rapports numériques $\frac{Am}{a}$, $\frac{Bm}{a}$ dans lesquels l'ouverture de la travée est partagée par le point m.

La charge Q produit en son point d'application m un moment positif proportionnel à l'ordonnée m M de la droite X_1, X_2.

C'est la partie à retrancher au moment fléchissant qui aurait lieu si la poutre était limitée à ces deux appuis. Si mx est ce moment on prendra x X $=m$ M, le point X ainsi déterminé, m X sera proportionnel aux moments déterminés par la charge Q en son propre point d'application.

Lorsque celui-ci se déplace sur la travée le point x engendre une parabole à axe vertical très facile à construire, le point X sera déterminé si on peut connaître M.

Le lieu des points M est défini par l'équation.

$$m\,M = X_2 q + X_1 r \text{ ou } q + r = 1.$$

L'on voit que le problème est résolu si l'on peut arriver à connaître facilement X_1 et X_2.

Or, M. Bresse a calculé d'une façon générale les valeurs des moments fléchissants sur les appuis d'une travée soumise à une charge isolée Q.

Nous en avons déduit pour le cas particulier d'une poutre symétrique, à travées égales entre elles, sauf celle de rive, les valeurs de X_1 et de X_2, applicables au cas que l'on considère.

δ étant le rapport d'une des travées centrales à celle de rive nous avons considéré comme M. Bresse, les cinq valeurs suivantes de ces rapports, en éliminant les valeurs plus petites que l'unité, comme inutiles dans les cas ordinaires.

Les valeurs de δ admises sont les suivantes :

1..... 1,1..... 1,2..... 1,25..... 1,3.....

Quand on connaît le nombre des travées d'une poutre et leur rapport δ on en déduit tous les termes β rapports des moments sur deux appuis consécutifs.

(Tableaux n^{os} III et IV de l'ouvrage de M. Bresse).

Mais ne pouvant considérer tous les cas particuliers, nous éliminons l'influence du nombre de travées n en supposant celui-ci $= \infty$ et en démontrant que l'erreur relative que l'on commet en appliquant les valeurs de $n = \infty$ au cas de n limité, mais supérieur à 3 est acceptable.

La figure n° 1, planche 39, montre que l'influence de δ ne s'étend pas au delà de la deuxième travée et qu'elle se fait sentir surtout sur la première travée et sur la première moitié de la deuxième travée.

X_1 X_2 sont des fonctions du troisième degré en q et des coefficients β.

$X_2\ q$ et $X_1\ r$ sont donc des fonctions du quatrième degré en q. Pour les poids uniformément répartis, comme pour une poutre coupée sur ses appuis, on n'a à considérer que des droites, ou des courbes du second degré, tandis que pour les charges isolées les courbes des points M et X sont du quatrième. Cela rend difficile l'analyse de ces courbes, analyse que nous remplaçons par une représentation graphique.

PREMIÈRE PARTIE

PARTIE THÉORIQUE.

Détermination du moment fléchissant dû à une charge concentrée unique mobile.

Action de la charge sur la travée qui la supporte. — Supposons la travée limitée à ses deux appuis, a étant l'ouverture, Q la charge et qa l'abcisse A m du point d'application, q étant le rapport de cette distance à l'ouverture a de la travée.

Le moment fléchissant déterminé en m a pour valeur

$$(1)\quad M\,m = -Q\,\frac{x}{a}\,(a-x) = -Q\,a\,q\,(1-q) \text{ car } x = qa.$$

Comme M. Bresse, nous donnons à ce moment le signe négatif en prenant positivement le moment des forces verticales descendantes.

Les droites A M, B M représentent le moment fléchissant en tout point de la travée pour la position de la charge en m.

Lorsque la charge q se déplace entre les limites A et B le point M décrit une courbe définie par l'expression (1) $y = -Q\,a\,q\,(1-q)$.

Détermination de la première partie du moment fléchissant. — Cette équation est celle d'une parabole à axe vertical passant par les extrémités de la poutre et dont l'ordonnée maxima a lieu pour $q = \frac{1}{2}$.

Elle donne en même temps la valeur de la première partie du moment fléchissant pour une poutre continue conformément au théorème n° 1 de M. Bresse.

Il reste à chercher l'expression du terme additionnel qui tiendra compte de la solidarité des travées.

Nous ne considérons ici que le cas le plus usuel des poutres symétriques par rapport à leur milieu et dont les travées sont égales entre elles, sauf celles de rive qui pourront être d'une ouverture moindre.

Nous indiquons par :

$$\delta = \text{le rapport } \frac{\text{de la longueur d'une travée intermédiaire}}{\text{à la longueur d'une travée extrême.}}$$

Nous rappellerons plusieurs points établis par M. Bresse :

« 1° La valeur du moment fléchissant sur les appuis limitant la travée « qui reçoit l'action directe de la charge, une fois connue, les moments « sur les autres appuis s'en déduisent par des rapports numériques « faciles à déterminer quand on connaît le nombre n des travées et le « rapport δ.

« Ces rapports ont été désignés par la notation β_m.

« 2° Les moments fléchissants déterminés sur les appuis diminuent « en valeur absolue en s'éloignant de la charge qui les détermine. »

C'est le rapport de décroissance de deux moments successifs que l'on désigne par la notation β.

« 2° Les appuis d'une poutre à n travées étant numérotés de o à « n, chaque appui a le numéro de la travée qui le précède et il y aura « en tout $n+1$ appui. »

Première travée d'une poutre. — Le moment fléchissant sur l'appui de gauche est toujours nul : celui de l'appui n° 1 a pour valeur :

$$X_1 = Q\, a\, q\, (1 - q^2)\, \beta_{n-1}.$$

β_{n-1} est le dernier terme de la série des rapports β d'une poutre à n travées, car le moment fléchissant sur l'appui n étant nul, le β_n l'est aussi.

Étant le dernier terme de la série, et à cause de l'influence de la dernière travée qui n'est pas égale aux autres, il est donné par une formule spéciale déterminée par M. Bresse, et par lui mise sous la forme suivante :

$\beta_{n-1} = \frac{1}{2+\delta\sqrt{3}} \times \frac{1 - Z\,\alpha^{2n-4}}{1 - Z^2\,\alpha^{2n-4}}$ ou Z à la valeur suivante :

$$Z = \frac{2 - \delta\sqrt{3}}{2 + \delta\sqrt{3}} \quad \text{et} \quad \alpha = \frac{1}{2+\sqrt{3}} = 2 - \sqrt{3} = 0{,}267949.$$

Les valeurs de β_{n-1} ne diffèrent de la limite $\frac{1}{2+\delta\sqrt{3}}$ que par le coefficient,

$$(a)\ldots\ldots = \frac{1 - Z\,\alpha^{2n-4}}{1 - Z^2\,\alpha^{2n-4}},$$

Z s'annulant pour la valeur de $\delta = \frac{2}{\sqrt{3}} = 1{,}1547\ldots$ le coefficient (a) est égal à 1 pour cette même valeur de δ.

Il est inférieur ou supérieur à l'unité suivant que δ est inférieur ou supérieur à cette valeur $\frac{2}{\sqrt{3}}$.

Voici dans le tableau suivant, les valeurs de la limite du coefficient β pour les différentes valeurs de δ et dans l'hypothèse de $n = \infty$.

L'erreur relative que l'on commet dans ce cas est égale au coefficient (a) égal au rapport $\frac{\beta_{n-1}}{\beta} = \frac{\text{valeur exacte}}{\text{valeur limite}}$.

(*Tableau n° I.*) — *Valeurs de* β *et de l'erreur relative.*

VALEUR DE	NOMBRE de travées n	VALEUR DE δ					
		1,00	1,1	1,1547	1,2	1,25	1,3
β_{n-1}	∞	0,267949	0,2560652	0,24723	0,2451905	0,240924	0,2352019
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Valeur de l'erreur relative pour	3	0,9952	0,998	1	1,0014	1,003	1,0044
	4	0,9996	0,9999	1	1,0001	1,0002	1,0003

Les valeurs du rapport (a) convergent donc rapidement vers l'unité, quand n s'élève : l'erreur relative maxima pour $n = 3$ ne dépasse pas 0,048 soit un demi-centième.

On peut donc pour les cas ou $n \geqq 3$ remplacer les valeurs de β_{n-1} par leur valeur limite β correspondant à $n = \infty$ ce qui revient à considérer la travée comme suivie d'un nombre infini d'autres travées semblables.

La valeur de la deuxième partie du moment fléchissant à ajouter à celle déjà calculée (1) est pour la première travée d'une poutre quelconque proportionnelle à l'ordonnée de la droite $A X_1$.

Ce sera donc $= X_1 q$; X_1 étant le moment fléchissant déterminé sur l'appui par la charge Q soit :

$$X_1 q = Q a q^2 (1 - q^2) \beta, \qquad (2)$$

ou β à l'une des valeurs du tableau précédent.

Le moment fléchissant au point d'application m sera donc : (1)+(2).

$$X = -Qaq(1-q) + Qaq^2(1-q^2)\beta = -Qaq(1-q)[1-q(1+q)\beta] \qquad (3)$$

q est toujours inférieur à l'unité, β varie et nous avons vu qu'il oscille très peu aux environs de 0.25;

$q(1+q)\beta$ est donc toujours inférieur à l'unité.

Le terme entre parenthèses est toujours positif.

Le signe de X sera toujours négatif quelle que soit la position de la charge.

Si l'on trace la courbe que l'on obtient en faisant varier q dans la formule (2) et si l'on retranche ses ordonnées de celles correspondantes dans la courbe (1) on aura la représentation graphique des moments fléchissants négatifs (3) déterminée par la charge dans sa translation sur la travée.

Si l'on veut avoir la valeur du moment fléchissant déterminé sur l'appui pour une position donnée m de la charge on mènera par ce point une verticale $m m_1$ jusqu'à la rencontre de la courbe (2) en joignant ce point m_1 à l'extrémité A de la travée, on déterminera sur l'appui une ordonnée $B X_1$ proportionnelle au moment fléchissant sur cet appui.

Mais pour plus de simplicité et d'exactitude si l'on trace la courbe

$$(4) \qquad X_1 = Q\,a\,q\,(1 - q^2)\,\beta,$$

on aura immédiatement la valeur du moment déterminé sur l'appui, dont le maximum correspondra évidemment à la tangente horizontale de la courbe (4) et en même temps à la tangente menée du point A à la courbe (2).

La dérivée de l'équation (4) $1 - 3q^2 = 0$ s'annule pour la valeur $q = \frac{1}{\sqrt{3}} = 0.577.....$ en éliminant le signe négatif, car q est toujours plus grand que 0.

L'équation (2) représente une courbe dont la tangente menée du point A donne le maximum du moment sur l'appui, mais comme la dérivée $2q\,(1 - 2q^2)$ s'annule pour $q = 0$ et que pour cette valeur $X_1 = 0$, l'axe des x est tangent en A à la courbe (2) et :

Les deux tangentes menées du point A à la courbe (2) donnent le maximum et le minimum du moment sur l'appui.

La deuxième valeur pour laquelle la dérivée s'annule et pour laquelle la tangente redevient horizontale est :

$$q = \frac{1}{\sqrt{2}} = 0{,}707.....$$

Comme M. Bresse, nous remplacerons toutes ces courbes en valeur absolue par celles des rapports :

$$(1) \quad \frac{x}{Q\,a} \quad (2) \quad \frac{X_1\,q}{Q\,a} \quad (3) \quad \frac{X}{Q\,a} \quad (4) \quad \frac{X_1}{Q\,a},$$

car une fois que l'on aura ces rapports il suffira de multiplier les deux derniers par $Q\,a$ pour avoir X et X_1.

Comme M. Bresse, nous prendrons $0^m,10$ pour représenter dans nos épures l'ouverture de la première travée de rive et $0^m,50$ pour représenter en ordonnée *le rapport qui serait égal à l'unité.*

Nos résultats pourront être additionnés à ceux donnés par cet auteur pour les poids uniformément répartis, ce qui nous permettra de ne pas nous occuper du poids propre de l'ouvrage, poids s'éloignant très peu d'une répartition uniforme.

M. Bresse a en effet construit les courbes des rapports analogues $\frac{X}{p\,a^2}$ et $\frac{X_1}{p\,a^2}$.

En supposant Q et a égaux à l'unité on a à calculer les valeurs de :

$$q\,(1-q),\ q\,(1-q^2),\ q^2\,(1-q^2),\ \text{et}\ q\,(1-q)-q^2\,(1-q^2)\,\beta.$$

pour les valeurs de q variant de 0,05 en 0,05 le coefficient β ayant l'une des valeurs du tableau n° 1 correspondant à la valeur de δ que l'on considère.

Seconde travée. — L'ouverture de cette travée sera d'après nos définitions égale à $b = \delta\, a$.

Les moments fléchissants sur les deux appuis en les déduisant des formules générales de M. Bresse sont :

Pour l'appui de gauche : 1er appui :

$$X_1 = \frac{Q\,b\,\beta_1}{1-\beta_1\,\beta_{n-2}}\left[r\,(1-r^2)-q\,(1-q^2)\,\beta_{n-2}\right]$$

pour l'appui de droite : 2e appui :

$$X_2 = \frac{Q\,b\,\beta_{n-2}}{1+\beta_1\,\beta_{n-2}}\left[q\,(1-q^2)-r\,(1-r^2)\,\beta_{n-2}\right]$$

où les notations sont celles employées jusqu'ici : $r = 1-q$.

En se reportant au théorème n° 1 de M. Bresse, la partie à ajouter à l'expression (1) est ici proportionnelle à l'ordonnée de la droite X_1, X_2, cette ordonnée a pour valeur :

$$X_1\,r + X_2\,q.$$

Il suffit donc de pouvoir connaître également le moment sur les appuis pour en déduire cette fonction.

Les coefficients $\beta_1\,\beta_{n-2}$ sont ceux qui conviennent aux appuis n° 1 et n° 2 de la poutre.

Ce sont deux termes d'une série compris dans la formule générale où m est l'indice, ou le rang de l'appui considéré.

$\beta_m = 0{,}267949\ldots\ldots\dfrac{1-Z\,\alpha^{2m-2}}{1-Z\,\alpha^{2m}}$ où Z et α ont des valeurs données précédemment :

$$(b) \qquad Z = \frac{2-\delta\sqrt{3}}{2+\delta\sqrt{3}} \quad \text{et}\ \alpha = 0{,}267949\ldots$$

on voit que β_1 est défini dès que l'on connaît δ indépendamment du

nombre n de travées, il n'en est pas ainsi de β_{n-2} mais il peut être remplacé par sa valeur limite 0,267949. Cette hypothèse suppose comme pour la première travée un nombre indéfini de travées de même ouverture à la suite de celle considérée.

La formule (b) s'annule pour la valeur de $\delta = \frac{2}{\sqrt{3}} = 1{,}547$ pour cette valeur de δ, β_{n-2} est égale à sa limite.

La limite est supérieure à la valeur exacte lorsque δ est plus petit que 1,547..... inférieur si δ est plus grand, et les différences seront plus grandes à mesure que δ s'éloignera dans un sens ou dans l'autre de cette valeur.

Mais comme le coefficient β_{n-2} affecte plusieurs termes de la valeur du moment, on ne peut pas *à priori* déterminer l'erreur qui résulte du remplacement de β_{n-2} par sa limite. Cette erreur est d'ailleurs variable avec q.

Nous avons donc calculé pour les valeurs extrêmes

$\delta = 1$ et $\delta = 1{,}3$, les valeurs X_1 et de X_2 correspondant à $q = 1/2$.

Ce calcul a été fait en donnant successivement à β_{n-2} sa valeur approchée ainsi que sa valeur exacte.

Nous donnons dans le tableau suivant les valeurs du rapport de ces deux quantités pour une poutre dont le nombre des travées serait égal à 3..... 4..... etc.

Tableau n° 2. — Valeur de l'erreur relative de β_{n-2}.

NOMBRE n des travées.	VALEURS DE δ					
	$\delta = 1$			$\delta = 1{,}3$		
	X_1	X_2	$\frac{1}{2}(X_1 + X_2)$	X_1	X_2	$\frac{1}{2}(X_1 + X_2)$
3	0,9807	1,0512	1,0195	1,0147	0,9701	0,9924
4	1,0016	1,0066	1,0041	1,00	0,9964	0,9982
5	.....	.....	.....	.....	.....	.....

Les erreurs relatives n'atteignant pas 0,02 pour la valeur de l'or-

donnée $\frac{1}{2}(X_1 + X_2)$ on peut donc remplacer β_{n-1} par sa limite 0,267949..... correspondant au cas où $n = \infty$.

Si comme on a fait pour la première travée on veut construire les courbes des rapports $\frac{X_1}{Q\,a}$ $\frac{X_2}{Q\,a}$ on aura des expressions de la forme :

$$\frac{X_1}{Q\,a} = \delta \frac{\beta_1}{1 - \beta_1 \beta} \left[r(1 - r^2) - q(1 - q^2)\,\beta \right] \quad \text{et}$$

$$\frac{X_2}{Q\,a} = \delta \frac{\beta}{1 - \beta_1 \beta} \left[q(1 - q^2) - r(1 - r^2)\,\beta \right].$$

Nous donnons dans le tableau n° 3 les valeurs des coefficients.

$$A = \frac{\beta_1}{1 - \beta_1 \beta}, \quad B = \frac{\beta}{1 - \beta_1 \beta},$$

pour les cinq valeurs de δ déjà indiquées, et le produit de ces rapports par δ.

La partie entre parenthèses ne diffère dans les deux expressions que par l'inversion de q en r et de r en q. Il faut donc chercher $q(1 - q^2)$ et en soustraire le produit de la valeur complémentaire $r(1 - r^2)\,\beta$, β étant ici égal à sa limite.

En multipliant les valeurs ainsi calculées par r et par q on pourra tracer les courbes :

$$\frac{X_1 r}{Q\,a} \text{ et } \frac{X_2 q}{Q\,a},$$

dont on n'aura plus qu'à additionner les ordonnées correspondantes pour avoir celles de la courbe $X_1 r + X_2 q$ qui est la partie à ajouter à l'expression générale $(1)\,q(1 - q)$.

Tableau n° 3. — Valeur des coefficients A *et* B *et de la limite* $\frac{\beta}{1 - \beta_2}$.

VALEUR DE δ	A	B	$\frac{\beta}{1 - \beta_2}$	δ A	δ B	$\frac{\delta\,\beta}{1 - \beta_2}$
1	0,26795...	0,2872....		0,26795...	0,2872....	0,28867...
1,1	0,2817....	0,2882....		0,30987...	0,31702...	0,31753...
1,2	0,2942....	0,2891....	0,28867...	0,35304...	0,34692...	0,3464....
1,25	0,2993....	0,2894....		0,37412...	0,36175...	0,36084...
1,3	0,3057....	0,2899....		0,39741...	0,37687...	0,37527...

Troisième travée. — Les valeurs des moments X_2, X_3..... ne diffèrent des précédentes que par le remplacement de β_1 par β_2 et de β_{n-2} par β_{n-3}.

Mais dans une poutre symétrique il n'y aura à s'occuper de la troisième travée que si n est au moins égal à 5 dans lequel cas $\beta_{n-3} = \beta_2$.

Nous pouvons donc remplacer β_2 et β_{n-3} par leur limite commune β et l'erreur sera de même ordre que celle qui résulte du remplacement de β_{n-2} par sa limite dans la deuxième travée d'une poutre ou $n = 3$..... 4..... que nous avons déjà calculée.

β en effet ne diffère de sa limite que par une unité du troisième ordre pour les valeurs usuelles de δ et comme la valeur de β_n converge rapidement vers sa limite, l'erreur est d'autant plus considérable que n est plus petit.

Ce minimum de la valeur de n est ici égal à 5. Pour celles-ci les valeurs de $\frac{1}{2}(X_2 + X_3)$ correspondant à $q = \frac{1}{2}$ diffèrent très peu de la valeur exacte.

Les rapports extrêmes sont les suivants.

	$\delta = 1$	$\delta = 1{,}5$
Rapports de la valeur approchée à la valeur exacte,	1,019	0.999

Ces substitutions reviennent à considérer la troisième travée d'une poutre symétrique comme précédée et suivie d'un nombre infini de travées.

Les valeurs des moments X_2 X_3 sont alors données par l'expression :

$$Q\, a\, \delta\, \frac{\beta}{1-\beta^2} \left[q\,(1-q^2) - r\,(1-r^2)\,\beta \right].$$

β a ici une valeur constante et égale à 0,28867..... quel que soit δ et quel que soit le nombre de travées.

Les courbes X_1 r..... X_2 q... deviennent égales entre elles pour $q = r$.

La courbe $X_2 q + X_1 r$ a des ordonnées égales à égale distance des appuis, elle est donc symétrique par rapport à un axe passant par le milieu de la travée.

Il suffit donc de calculer ces ordonnées, jusqu'à $q = 1/2$, et comme il faut les retrancher de celles de la courbe $q\,(1-q)$ également symétrique la courbe résultante le sera de même.

Travées au delà de la troisième. — Ce que nous venons de dire pour la troisième travée est *à priori* vrai pour une travée d'ordre supérieur.

Les valeurs et les courbes applicables à la troisième travée peuvent être généralisées.

Effets de la solidarité des travées. — L'action de la charge sur la travée même qui la supporte, une fois déterminée, il est très facile d'en déduire son effet sur toutes les autres travées.

Le coefficient β_m donne en effet les rapports du moment fléchissant produit sur le *emmième* appui à celui qui a lieu sur l'appui qui le précède en allant vers la travée qui reçoit la charge. C'est le rapport des moments :

$$\frac{X_1}{X_2} = \beta \qquad \frac{X_2}{X_3} = \beta_2 \qquad \frac{X_3}{X_4} = \beta_3.$$

Pour une poutre déterminée ces rapports étant constants, les droites $X_m X_{m+1}$ coupent l'axe des x toujours au même point lorsque la charge se déplace toujours du même côté de la travée que l'on considère.

Les points tels que F, F_1 sont donc fixes.

Mais lorsque la charge atteint la travée considérée nous avons étudié les effets qu'elle y produit et nous verrons plus loin ce que devient le point F, et si elle dépasse cette travée, elle y détermine un nouveau point F symétrique du point F′ déterminé dans cette même travée lorsque la charge se trouvait de l'autre côté.

La distance des points F et F′ à l'appui le plus voisin a pour valeur

$$\frac{\beta_m}{1+\beta_m}\,\delta a.$$

Mais comme nous avons remplacé β_m par sa limite au delà de $m = 2$, ces points F seront déterminés et symétriquement placés à la même distance, 0,21132..... δa pour toute travée au delà de la seconde.

Pour les appuis 1..... 2..... nous donnons dans le tableau suivant les valeurs du rapport $\frac{\beta_m}{1+\beta_m}$ pris dans l'ouvrage de M. Bresse. (*Tableau VIII*).

Mais au delà du deuxième appui, on pourra remplacer ces valeurs

par la valeur limite : $\frac{\beta}{1+\beta} = 0{,}21132.....$ β étant ici égal à la limite commune 0,267949.....

Si l'on effectue les calculs de ces rapports pour les valeurs limites de β_{n-1} (1), différentes suivant la valeur de δ, on aura les valeurs virtuelles de l'abcisse du point F pour les première et dernière travées.

Mais ces valeurs généralisées, nous allons les rencontrer quand nous étudierons l'enveloppe des moments positifs.

Tableau n° 4. — Valeurs de $\frac{\beta_m}{1+\beta_m}$

VALEUR de l'indice m.	VALEUR DE δ				
	1	1,1	1,2	1,25	1,3
1	0,20000	0,20755	0,21429	0,21739	0,22034
2	0,21053	0,21106	0,21134	0,21176	0,21198
.....	.....	.....	.....	.....	.....
∞	0,21132	0,21132	0,21132	0,21132	0,21132
.....	.....	.....	.....	.....	.....
n — 1	0,21132	0,2039	0,1969	0,1936	0,1904

1. Tableau n° 1.

DEUXIÈME PARTIE

ÉCONOMIE DUE A LA SOLIDARITÉ DES TRAVÉES.

L'économie réalisée par l'effet de la solidarité des travées, est variable avec la répartition des charges.

Pour un poids uniformément réparti sur toute la longueur de la poutre (comme le poids mort de l'ouvrage), M. Bresse a montré que la courbe des moments est une parabole qui coupe l'axe des x en deux points et l'aire des moments se compose de deux parties dont la somme peut n'être que les $\frac{3}{8}$ de l'aire de la parabole dans le cas de la poutre coupée sur ses appuis.

L'économie dans ce cas, est donc au maximum égale aux $\frac{5}{8} = 62$ pour 100 environ.

Mais si le poids, tout en étant uniformément réparti, n'occupe pas en même temps toute la longueur de la poutre, et s'il est susceptible de prendre les dispositions propres à produire les moments fléchissants maximum en tous points de la travée, M. Bresse a montré l'existence dans chaque travée de cinq zones correspondant à autant d'hypothèses différentes de surcharge.

Dans ce cas, la courbe des moments n'est plus une courbe continue, mais un polygone mixtiligne, et le rapport de la surface comprise dans ce polygone à celle circonscrite par la parabole doit varier avec le nombre des travées et leur rapport.

Pour une travée centrale d'une poutre à travées égales entre elles,

ce rapport déduit des chiffres et données de M. Bresse est = à 0.82 et l'économie n'est plus que de 0.18.

Beaucoup d'ingénieurs sont portés à atrribuer au fait de la solidarité des travées une économie très considérable, en se rapportant à ce qui arrive pour les poids uniformément répartis, tandis que l'on voit que l'économie totale est le résultat de deux économies partielles, l'une réalisée sur le poids mort de l'ouvrage qui est très importante, fixe et certaine, l'autre qui varie avec les hypothèses de la surcharge, mais qui est notablement inférieure.

On voit par là, une des causes d'erreur que l'on commet, lorsque après avoir tranformé la charge roulante en surcharge uniformément répartie, on l'additionne au poids mort de l'ouvrage.

Mais en lui laissant son caractère propre de surcharge susceptible de modifications, l'hypothèse de l'uniformité de la répartition est-elle admissible?

M. Bresse était conduit à faire des réserves à ce sujet; et même en limitant son application au cas des poutres pour chemin de fer, il est permis de se demander, si le chargement composé d'une ou deux locomotives, du poids de 50 tonnes, suivies de wagons pesant en charge 15 tonnes, est un poids uniformément réparti.

Mais cela ne saurait être admis pour les ponts pour routes d'une ouverture en général plus restreinte, et par rapport à laquelle la distance entre les convois est relativement très importante. En effet, l'écart entre deux convois de terre est de $19^{m},50$ à 20 mètres au minimum, occupé par des attelages dont le poids est faible par rapport à celui de la charge, et, eu égard aux développements croissants des industries, la charge de 16.000 kilog. est déjà insuffisante.

Quand on sera forcé de l'augmenter il faudra doubler le nombre des attelages, et le chargement s'éloignera encore davantage d'un chargement uniforme.

Abstraction faite de son poids propre, nous allons considérer quelle est l'économie d'une poutre continue soumise aux passages d'une charge roulante isolée par rapport à la même poutre coupée sur ses appuis et soumise aux mêmes effets.

Travée centrale. — Considérons une travée assez éloignée de celle de rive pour ne plus en subir l'influence, nous avons montré que cela arrive sans erreur sensible au delà de la seconde travée.

Pour une travée pareille, les courbes donnant le moment fléchissant sur les deux appuis sont égales et symétriquement disposées par rapport au milieu de la poutre.

Les aires comprises entre ces courbes et l'axe des x, sont égales entre elles, et l'aire comprise entre le même axe et la courbe dont l'ordonnée est égale à la somme de leurs ordonnées partielles, est le double de l'aire circonscrite par une de ces courbes.

C'est cette surface qui en définitive représente l'économie réalisée sur les moments négatifs par l'effet de la solidarité des travées.

L'équation d'une de ces courbes est :

$$Y = Q\, a\, \delta \frac{\beta}{1-\beta^2} \left[q^2 (1-q^2) - r\, q\, (1-r^2)\, \beta \right].$$

β est ici égal à la limite 0.267949...., $\frac{\beta}{1-\beta^2}$ qui s'en déduit $= 0.28667.....$

Pour avoir l'aire comprise entre cette courbe et l'axe des x qu'elle rencontre aux p ints $q = 0$ et $q = 1$, il faut intégrer cette expression entre ces deux limites 0 et 1.

En remplaçant r par $1 - q$, nous écrirons :

$$Y\, dx = Q\, a\, \delta \frac{\beta}{1-\beta^2} \left[q^2 (1-q^2) - q^2 (1-q)(2-q)\, \beta \right] dx;$$

mais $x = \delta\, a\, q$ et $dx = \delta\, a\, dq$, en remplaçant on a :

$$Q\, a^2\, \delta^2 \frac{\beta}{1-\beta^2} \int_0^1 \left[q^2 (1-q^2) + q^2 (1-q)(2-q)\, \beta \right] dq.$$

$$Q\, a^2\, \delta^2 \frac{\beta}{1-\beta^2} \int_0^1 \left[q^2 (1-2\beta) + 3\, q^3 \beta - q^4 (1+\beta) \right] dq.$$

$$Q\, a^2\, \delta^2 \frac{\beta}{1-\beta^2} \int_0^1 \left[\frac{q^3}{3}(1-2\beta) + \frac{3}{4}\, q^4 \beta - \frac{q^5}{5}\, (1+\beta) \right] dq;$$

pour $q = 0$, la fonction est égale à 0 ; pour $q = 1$, elle est égale à :

$$\frac{1}{3}(1-2\beta) + \frac{3}{4}\beta - \frac{1}{5}(1+\beta) = \frac{8-7\beta}{60} = 0.10207259.....$$

La surface cherchée a donc pour valeur :

$$2 \times Q\, a^2\, \delta^2 \frac{\beta}{1-\beta^2} \times 0.10207259..... = 0{,}05893.....\ Q\, a^2\, \delta^2.$$

Si la poutre était coupée sur ses appuis, l'équation de la courbe des moments négatifs serait :

$$Y = Q\, a\, \delta\, q\,(1-q) \text{ dont } \int_0^1 q\,(1-q)\, a\, q = \frac{q^2}{2} - \frac{q^3}{3} = \frac{1}{2} - \frac{1}{3} = \frac{1}{6}$$

et l'aire enveloppée serait $\frac{1}{6}\, Q\, a^2\, \delta^2$.

Le rapport entre ces deux surfaces, qui représente en même temps l'économie relative réalisée sur les moments négatifs considérés seuls, sera $\frac{0{,}05893}{\frac{1}{6}} = 0.35358{:}....$

Travée de rive. — Pour la première travée d'une poutre, l'économie est représentée par :

$$Q\, a^2 \int_0^1 q^2\,(1-q^2)\,\beta\, dq = \qquad = \frac{2}{15}\,\beta\, Q\, a^2.$$

β est ici variable avec δ. Si la poutre était coupée sur ses appuis, on aurait eu $\frac{1}{6}\, Q\, a$ et le rapport entre les deux surfaces est égal à

$$\frac{12}{15}\,\beta = 0.8\,\beta.$$

Valeur de l'économie réalisée pour les moments négatifs.

VALEURS DE δ	VALEURS DE β correspondantes.	TRAVÉE DE RIVE.	TRAVÉE CENTRALE.
1	0,267949	0,21435936	
.....	.....	....	.... 0,35358.....
1,3	0,2352019	0,18816152	

Pour la deuxième travée d'une poutre, l'économie relative est très peu différente de celle de la troisième travée, quoique la valeur de δ influe encore sur la valeur de β_1, mais comme ce coefficient diffère très peu de sa limite, nous pouvons assimiler la deuxième à une vée courante.

Moments positifs sur les appuis. — Mais il faut tenir compte des moments positifs qui prennent origine sur les appuis par le fait de la solidarité, tandis que ces moments sont toujours nuls pour des travées indépendantes.

Comme nous avait fait pour les moments négatifs, nous allons considérer seulement l'action de la charge sur la poutre même qui la supporte.

Pour toute travée au delà de la deuxième, le moment maximum sur l'appui a pour valeur :

$$\frac{\beta}{1-\beta^2} Q a \delta q \left[(1-q^2)-(1-q)(2-q)\beta\right],$$

dont le maximum a lieu pour les valeurs de q qui annulent la dérivée de l'expression

$$q(1-2\beta)+3q^2\beta-q^3(1+\beta),$$

dont l'équation dérivée est :

$$3(1+\beta)q^2-6\beta q+(2\beta-1)=0.$$

Équation du second degré dont les racines sont :

$$q=\frac{6\beta\pm 2\sqrt{3(1-\beta+\beta^2)}}{6(1+\beta)}$$

qui pour β est égal à sa limite 0.267949..... donne $q=0{,}6133.....$ En remplaçant cette valeur de q dans la valeur du moment sur l'appui on aura son maximum $= 0{,}29441\frac{\beta}{1-\beta^2} Q a \delta$. Nous avons déjà trouvé pour la première travée que ce maximum a lieu pour $q=\frac{1}{\sqrt{3}}=0{,}577$. Le moment sur le premier appui a pour valeur $Q a q(1-q^2)\beta = 0.38428\ Q a \beta_{n-1}$.

Ce maximum varie donc avec β et par conséquent avec δ, nous pouvons donc former le tableau suivant :

DÉSIGNATION.	Valeur maximante de q	Valeur du moment sur l'appui pour $\delta =$	
		1	1,3
Travée de rive....	0,577	0,102966 Q a	0,090386 Q a
Travée centrale....	0,6133	0,084988 Q a	0,110489 Q a

Pour cette valeur de q correspondant au maximum des moments sur l'appui la droite M X représentant le moment fléchissant coupe l'axe des X au point f [1].

Si q augmente au delà de cette valeur, le moment sur l'appui diminue, le point M parcourt l'arc MB; les droites telles que MX se déplacent toujours d'un même côté de cette droite et pour $q = 1$, elles se confondent au point B.

Mai si q diminue, les moments fléchissants diminuent aussi et le point M pacourant l'arc MA, les droites telles que MX se coupent successivement l'une l'autre.

Si q varie de quantités infiniment petites ces droites décrivent une courbe enveloppe FX passant par X et tangente en ce point à la droite MX.

En même temps le point f se déplace vers la gauche jusqu'à ce qu'il se trouve sur la courbe. Pour cette valeur limite la droite MX, qui est la tangente à la courbe coïncidera avec AB. L'enveloppe est donc tangente à l'axe des X au point F.

Quelle est la limite de la position de F?

On pourrait déterminer l'équation de la droite MX dans laquelle q entrerait comme variable; en éliminant q, entre cette équation et la relation qui donne l'enveloppe de la droite, on aurait l'équation de cette enveloppe et par conséquent son point de rencontre avec l'axe des X.

Mais q figure au troisième degré dans l'équation de la droite, on aurait donc trois valeurs de q dont il faudrait en éliminer deux par l'analyse.

Nous pouvons déterminer la limite F en remarquant que ce point coupe l'ouverture de la travée en parties proportionnelles aux moments fléchissants développés sur l'appui et au point d'application de la charge.

On a en effet : $$\frac{AB}{FB} = \frac{X}{X_1}.$$

Nous allons chercher la limite de ce rapport, pour $q = 0$.

Travée de rive. — Examinons d'abord le cas d'une poutre de rive. Pour celle-ci, on a :

$$X = q(1-q)\left[1 - q(1+q)\beta\right]$$

$$X_1 = q(1-q)\left[(1+q)\beta\right].$$

1. Voir les figures pages suivantes.

Le rapport : $$\frac{X}{X_1} = \frac{1 - q\ (1+q)\,\beta}{(1+q)\,\beta}.$$

Pour $q = 0$, ce rapport devient $\frac{1}{\beta}$.

L'ouverture de la travée est donc coupée en parties proportionnelles à deux moments consécutifs. Le point de rencontre coïncide donc avec celui que nous avons déjà déterminé au paragraphe sur l'effet de la solidarité des travées. (Tableau n° 4.)

Travée centrale — Pour celle-ci on aura :

$$X = Q a q (1-q)\left[1 - \left\{q\left[(1-q)-(2-q)\beta\right] + (1-q)\left[(2-q)-(1-q)\beta\right]\right\}\frac{\beta}{1-\beta^2}\right]$$

$$X_1 = Q\,a\,q\,(1-q)\,\frac{\beta}{1-\beta^2}\left[(1+q)-(2-q)\,\beta\right].$$

Le rapport $\frac{X}{X_1}$ sera en indiquant par $\left\{A\right\}$ le terme $\left\{\quad\right\}$

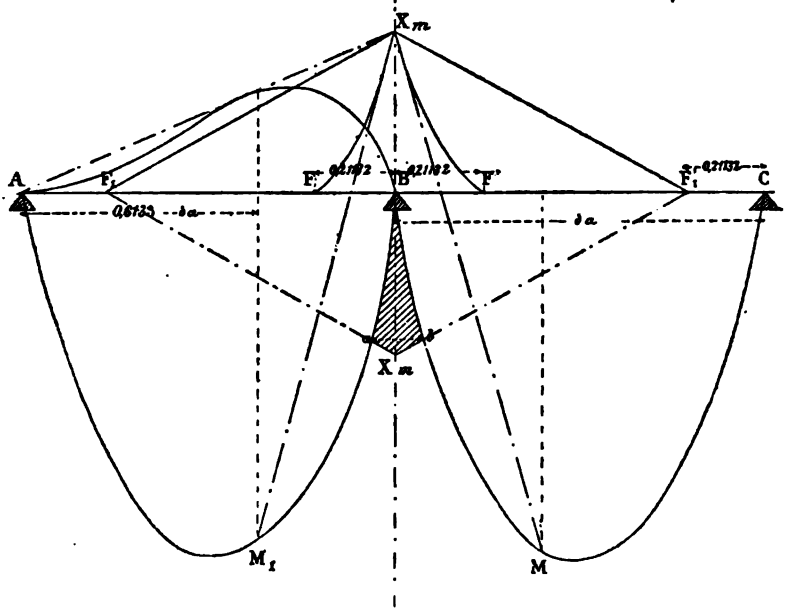
$$\frac{X}{X_1} = \frac{1 - \left\{A\right\}\frac{\beta}{1-\beta^2}}{\frac{\beta}{1-\beta^2}\left[(1+q)-(2-q)\,\beta\right]}.$$

Pour $q = 0$ $A = 2 - \beta$ et le rapport

$$\frac{1 - \frac{(2-\beta)\,\beta}{1-\beta^2}}{\frac{\beta}{1-\beta^2}(1-2\beta)} = \frac{1-\beta^2-(2-\beta)\,\beta}{\beta\,(1-2\beta)} = \frac{1-2\,\beta}{\beta\,(1-2\,\beta)} = \frac{1}{\beta}.$$

Cette propriété de couper l'axe des X au sommet du faisceau des droites représentant l'influence des travées les unes sur les autres est générale.

Lorsque la charge occupe la travée qui précède AB, la droite qui représente le moment fléchissant dans la travée A B, passe par le point F.



Lorsque la charge commence à agir dans cette même travée, nous avons vu que la droite M X passe aussi par ce point.

La charge se déplaçant, la droite M X a pour enveloppe la courbe F X_m, et le point se déplace de F en B où il arrive en même temps que la charge.

Celle-ci, en continuant son déplacement vers C, engendre au moyen de la droite X M_1 la courbe X F′, tandis que la droite analogue à M X engendre une nouvelle surface de moments positifs sur l'appui C.

Donc la charge, en se déplaçant sur la travée, produit des moments positifs sur les appuis dont la somme est égale à la surface F X_m F′.

Mais la charge occupant la travée A B, produit dans la travée B C des moments positifs limités par la droite X_m G'_1, joignant le maximum du moment sur l'appui au point F'_1 symétrique de F′, cette surface est donc plus considérable que celle engendrée par la charge dans la travée elle-même, et elle peut être produite simultanément par la charge dans les deux travées adjacentes à celle que l'on considère.

Si l'on tenait compte de la somme totale des efforts, l'économie relative serait la différence entre deux fois la surface B X_m F′ et la courbe X_m q.

Dans ces conditions le désavantage serait évidemment aux poutres continues.

Mais en pratique, après avoir rabattu les moments positifs sur les négatifs, on n'enveloppera de ces surfaces que la partie dont les ordonnées dépassent celles des moments négatifs.

Cette dernière partie a pour valeur approximative :

$$\Omega = X_m \times \frac{ab}{2} \text{ et } ab = 2 \times 0.138..... a\delta$$

(cette dernière quantité a été mesurée sur épure à grande échelle),

$$X_m = 084988..... Q a\delta \text{ d'où } \Omega,$$

$$\Omega = 0.084988...., \times 0.138..... Q a^2 \delta^2 = 0.011728344 Q a^2 \delta^2.$$

En retranchant cette valeur de :

0.05893..... $Q a^2 \delta^2$: économisée sur les moments négatifs, on aura 0.04721..... $Q a^2 \delta^2$ comme différence ; et l'économie relative, $\frac{1}{6} Q a^2 \delta^2$ étant ce que l'on aurait si la poutre était coupée sur ses appuis, sera : 0.2532.....

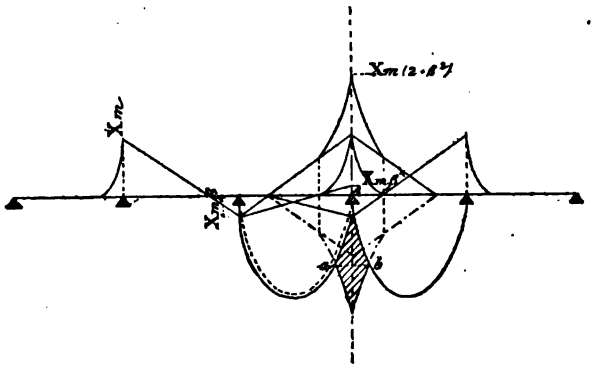
Seulement, ce chiffre est un maximum et ne sera réalisé que dans le cas où il ne pourrait y avoir de chargée, qu'une seule travée à la fois.

Avec le type de convois de voitures admis par M. Kleitz, composés de charges se suivant à des distances minima de 19m,30 ou 20 mètres, pour qu'un seul convoi occupe trois travées consécutives, il faudrait des ouvertures inférieures à 6 mètres.

Pour des ouvertures supérieures à 20 mètres, deux voitures peuvent se trouver en même temps sur deux travées consécutives, et dans la position où elles produisent le maximum du moment fléchissant sur l'appui intermédiaire; c'est pour ces ouvertures que l'économie sera minima, et nous allons la calculer.

Lorsque la charge sera sur la travée n et qu'elle y produira le moment fléchissant négatif que nous avons étudié, la charge sur les travées $n \pm 2$ produira des moments négatifs, dont le maximum sur les appuis sera égal à $X_m \beta$.

La charge sur les travées $n \pm 4$ donnerait des moments $= X_m \beta^3$, mais comme β est un nombre < 0, ses puissances vont rapidement en décroissant, et comme le nombre des travées est nécessairement limité, nous nous arrêterons au terme β^2, ce qui suppose trois travées après l'appui considéré.



L'aire dont se sont accrus les moments négatifs sera :

$$\omega = X_m\ \beta \times AF'.$$

$$X_m = 0.084988.....\ Q\ a\ \delta \text{ et } AF = \frac{1}{1+\beta}\ a\ \delta.$$

$$\omega = 0.084988.....\ Q\ a^2\ \delta^2\ \frac{1}{(1+\delta)} = 0.0179596.....\ Q\ a^2\ \delta^2.$$

Par l'action de la charge sur les deux travées adjacentes, le moment fléchissant sur l'appui intermédiaire sera $= 2\ X_m$; mais lorsque l'on rabattra les moments positifs sur les négatifs, il y aura une partie des premiers, qui sera comprise dans les seconds que nous avons calculés ci-dessus, la partie qui excédera sera $X_m\ (2 - \beta)$; mais la charge sur la troisième travée de part et d'autre de l'appui que l'on considère donnera un moment $X_m\ \beta^2$, et la partie qui excédera sera égale à

$$0.084988\ Q\ a\ \delta\ [2\ (1+\beta^2) - \beta\ ] \text{ le coefficient } [\ ]$$

est égal : $= 1.876.$

La quantité $\frac{a\ b}{2}$ mesurée sur une épure à grande échelle est égale à

0.1 4 $a\ \delta$ et l'aire dont se sont accrus les moments positifs (partie à hachures) sera égale à . . . . . 0.02232 $Q\ a^2\ \delta^2$.

Celle des moments négatifs étant égale à. . . . . 0.01796 $Q\ a^2\ \delta^2$,

la perte totale sera égale à leur somme. . . . . 0.04028 $Q\ a^2\ \delta^2$,

tandis que l'économie sur les moments négatifs a été trouvée égale à.. . . . . 0.05893 $Q\ a^2\ \delta^2$,

l'économie absolue réalisée par la solidarité des travées, sera égale à la différence. . . . . 0.01865 $Q\ a^2\ \delta^2$.

Si la poutre reposait librement sur ses appuis on aurait eu :

$$\frac{1}{6}\, Q\, a^2\, \delta^2,$$

le rapport entre ces deux surfaces, représentant l'économie relative sera égal à 0.1119 soit 11 pour 100 environ.

L'on voit donc que lorsqu'une poutre continue a à supporter un poids uniformément réparti, l'économie peut atteindre 62 pour 100; mais lorsque ce poids ne couvre pas toute la longueur de la poutre l'économie n'est plus que 18 pour 100, et que pour cette même poutre soumise au passage de charges isolées, pouvant ou non se trouver ensemble sur la poutre, l'économie n'est que 11 pour 100.

En effet, le grand bénéfice réalisé dans le cas d'un chargement uniformément réparti, tient à ce qu'une partie des moments dans la travée que l'on considère sont annulés par ceux de signes contraires venant des autres travées.

Mais si la charge n'est pas simultanée, il faudra considérer seulement les cas où les effets s'ajoutent, et négliger les cas favorables, d'où l'atténuation du bénéfice dans ce second cas.

L'uniformité de la répartition dans une même travée a par rapport à une charge unique le même effet, les moments dus à une partie du chargement sont des signes contraires à d'autres et les annulent, ce qui n'arrive pas pour des charges isolées uniques. Mais au fur et à mesure que l'ouverture de la travée augmente le nombre de charges qui peuvent s'y trouver croît, mais non d'une façon uniforme, et pour une ouverture égale à l'infini, le chargement pourrait être confondu avec un chargement uniforme, et l'économie atteindrait sa limite maxima = 0.18. Il va sans dire que l'économie sur le poids mort de l'ouvrage peut atteindre, elle, jusqu'à 0.62 pour une travée centrale, et comme pour les grandes ouvertures le poids mort va en augmentant, tandis que la surcharge reste la même, on voit que *l'économie due à la solidarité des travées va en augmentant avec l'ouverture.*

Autre cause de perte. — Dans le cas des poutres isolées on a comme représentation des moments fléchissants une série de paraboles. Pour envelopper chacune d'elles on dispose les plates-bandes en retraite les unes par rapport aux autres; mais comme on ne peut faire varier l'épaisseur des plates-bandes que d'une quantité déter-

minée, il en résulte un surcroît de poids. Lorsque la poutre est continue, le polygone des moments fléchissants présente dans la même travée des inflexions beaucoup plus difficiles à envelopper exactement, et donnant une perte plus considérable. Cette perte ne peut pas être mesurée; mais elle est relativement importante surtout pour les petites ouvertures.

Économie sur la valeur des maximums. — Si la poutre était coupée sur ses appuis, le maximum du moment fléchissant aurait lieu toujours au milieu de la travée et la valeur de ce maximum serait :

$$0.25..... \; Q\, a\, \delta.$$

Pour une poutre à travées solidaires, ces maximums sont :

Tableau n° VII. — Maximum des moments négatifs.

RANG DE L'APPUI	$\delta = 1....$		$\delta = 1,3....$	
	VALEUR ABSOLUE	VALEUR RELATIVE	VALEUR ABSOLUE	VALEUR RELATIVE
1re travée.....	0,209686... Qa	0,838744....	0,20473.... Qa	0,81792....
2e travée.....	0,1738..... Qaδ	0,6952....	0,168248... Qaδ	0,672972...
.....	.....	.....	.....	.....
Travée centrale...	0,170757... Qaδ	0,683028....	0,170757... Qaδ	0,683028...
.....	.....	.....	.....	.....

On voit donc que l'économie réalisée sur la valeur des moments négatifs est inférieure en valeur relative à 0.20, ceci pour une charge isolée Q.

Mais au fur et à mesure que le nombre des charges augmente sur la même travée le chargement se rapproche de celui uniformément réparti.

Pour celui-ci le maximum des moments fléchissants négatifs est notablement inférieur à celui qui aurait lieu si la poutre était coupée sur les appuis.

Le tableau n° XIII de l'ouvrage de M. Bresse, montre que ce

maximum varie entre 0.08..... et 0.14..... soit entre les 0.40 et les 0,70 du maximum, dans le cas de la poutre coupée sur ses appuis.

L'économie sur le maximum des moments négatifs, est d'autant plus considérable, pour les ponts pour routes, que l'ouverture de la travée est plus grande.

Mais si l'on a égard aux moments positifs sur les appuis, c'est l'inverse qui a lieu. Les moments positifs s'ajoutant successivement, ils augmentent avec l'ouverture de la travée.

Pour des travées ne pouvant recevoir qu'un seul convoi à la fois; mais où deux travées consécutives peuvent être chargées simultanément ($\delta a = 20^m$) ces maximums sont:

Tableau n° VIII. — Maximum des moments positifs.

RANG DE L'APPUI	$\delta = 1$....		$\delta = 1{,}3$....	
	VALEUR ABSOLUE	VALEUR RELATIVE	VALEUR ABSOLUE	VALEUR RELATIVE
1re travée.....	0,188248... Q a	0,752992...	0,200316... Q a	0,801264...
2e travée.....	0,169536... Q a δ	0,678144...	0,170336... Q a δ	0,681844...
.....	.....	.....	.....	.....
Travée centrale...	0,169972... Q a δ	0,679888...	0,169972.. Q a δ	0,679888...
.....	.....	.....	.....	.....

En résumé l'économie relative n'est donc que de 11 pour 100 environ pour l'aire à envelopper, et 0.20 à 0.25 pour les maximums en valeur absolue.

NOTA. — Dans les tableaux nos VII et VIII les valeurs relatives ont été obtenues en prenant le rapport de la valeur absolue, à 0,25 Q a δ, soit en la multipliant par 4.

TROISIÈME PARTIE

PARTIE PRATIQUE.

Nous avons calculé les valeurs de $\frac{X}{Q\,a}$ pour une travée centrale; les chiffres de la colonne (11) du tableau n° IX donnent les valeurs de cette ordonnée pour des valeurs de q variant de 0.05 en 0.05.

Comme nous l'avons fait remarquer la courbe est symétrique par rapport au milieu de la travée. Les chiffres de la colonne (7) multipliés par le coefficient $a = 0.2886$ donnent les valeurs de $\frac{X_a}{Q\,a}$; comme la travée est centrale ces valeurs s'appliquent aux deux appuis qui limitent la travée. A l'aide de ces données on peut donc tracer pour des valeurs correspondantes de q une série de droites représentant le moment fléchissant en tout point de la travée, sous l'effort d'une charge isolée Q; l'enveloppe de ces droites est, comme nous l'avons dit, la représentation du maximum des moments positifs dans la travée elle-même. Pour avoir l'effet de deux ou plusieurs charges se trouvant simultanément dans la travée, rien de plus facile, grâce au théorème de la superposition des forces.

Supposons deux charges égales sur la travée, si l'une d'elles reste fixe dans la position m, l'autre se déplaçant sur toute la travée, il faudra ajouter l'ordonnée de deux droites à celles de la courbe $\frac{X}{Q\,a}$ mais dans le cas pratique des charges roulantes, celles-ci sont d'ordinaire invariablement fixées les unes aux autres et se déplacent ensemble sur la travée. Les moments à ajouter ne sont plus alors des

droites, mais des courbes analogues à la courbe X et très faciles à obtenir.

La circulaire ministérielle du 19 juillet 1877 indique 3 mètres, comme écart minimum entre les deux essieux d'un chariot ; quand l'une des roues entrera sur la travée, l'autre se trouvera déjà à 3 mètres de distance ; l'action de la deuxième roue a donc été nulle jusqu'à ce point ; mais au fur et à mesure que la première roue avance, la droite représentant l'action de la deuxième coupe, l'ordonnée de la première a un point variable. C'est le lieu de ce point qui est la courbe que l'on cherche. Cette courbe ne dépend que de la distance entre les deux charges ; on peut la tracer à l'avance pour toutes les distances. L'écart des 3 mètres étant constant, l'ouverture de la travée étant variable, l'intervalle entre les deux charges variera donc en raison inverse de l'ouverture de la travée. A l'échelle de 0.10 pour cette dernière ; cette distance sera par exemple 0.03 pour une ouverture de 10 mètres, 0.015 pour une ouverture de 20 mètres, etc.

Si l'on trace toutes les courbes correspondant à ces distances, l'on aura ce qu'il faut ajouter à la courbe $\frac{X}{Q\,a}$ pour l'ouverture correspondante. La distance moyenne entre les centres de gravité des attelages est également de 3 mètres ; ces courbes pourront donc servir, en les réduisant proportionnellement, à déterminer le moment des attelages. En opérant ainsi sur des épures à grande échelle (fig. n° 3) on a pu avoir pour une travée centrale supposée chargée seule, les moments fléchissants maximum déterminés dans la travée. En comparant ce résultat à ceux obtenus par M. Bresse, pour une travée centrale et chargée d'un poids uniformément réparti par mètre courant, on a pu en déduire la valeur de p correspondant à chaque ouverture. Mais, comme l'a fait remarquer M. Kleitz, un même poids supposé uniformément réparti ne peut pas suffire à représenter les effets des charges roulantes ; nous avons été obligé de calculer ceux qui conviendraient :

1° Au maximun des moments négatifs vers le milieu de la travée ;

2° Au maximum des moments positifs sur les appuis ;

3° Aux valeurs des moments négatifs, à l'endroit où elles égalent celles des moments positifs, minimum des moments en valeur absolue.

On a donc eu trois valeurs de p correspondant à chaque ouverture,

en les joignant par des courbes, on a une représentation graphique de ces valeurs, auxquelles on a joint la courbe employée au chemin de fer du Nord et celle calculée par M. Kleitz, pour les poutres à une seule travée (fiig. n° 2).

L'examen de ces courbes montre clairement : 1° que les valeurs de p de ces deux dernières courbes jusqu'ici employées, sont bien éloignées de la représentation exacte des efforts dus aux charges roulantes; 2° que ces valeurs sont de beaucoup supérieures à ce qu'on aurait eu, considérant l'action directe de ces charges; 3° que la répartition des tôles est faite d'une façon illusoire et ne répondant pas à la réalité.

Quand on voudra, dans l'étude d'une poutre, tenir compte de l'effort réel dû aux charges roulantes, la méthode à suivre variera avec la disposition des travées.

Supposons d'abord le cas général de la poutre symétrique; si la valeur de δ est comprise entre les valeurs 1 et 1, 3, on cherchera les valeurs des coefficients β_{n-1}, β_1, β_{n-2},..... et à l'aide des chiffres du tableau n° IX multipliés par ces coefficients, on aura la valeur des ordonnées des courbes que l'on cherche.

Si l'on veut par exemple, la courbe des moments sur le premier appui, il suffit de multiplier les chiffres de la colonne 4 par $\beta\, Q\, a$, β ayant l'une des valeurs du tableau n° I, correspondant à la valeur de δ que l'on considère.

Cette opération peut être faite avec un compas de réduction, et on peut en même temps avoir la valeur de l'ordonnée à l'échelle choisie.

On peut aussi se contenter de prendre à l'échelle ces valeurs sur la figure n° 1, et en interpolant à vue par les valeurs de δ qui n'y figurent pas.

Pour les cas particuliers où δ ne serait pas compris entre les limites 1 et 1, 3, on pourra calculer les coefficients β_{n-1} β_1 et β_{n-2} pour la première et la deuxième travée, car les travées centrales échappent, comme nous l'avons montré, à l'influence de δ. A l'aide de ces coefficients et des chiffres du tableau n° IX, on peut calculer tous les éléments du problème.

L'examen de la figure n° 1, montre que les moments dans la première travée augmentent avec δ, tandis qu'ils diminuent dans la seconde. Les valeurs des moments correspondant à $\delta = 1$, peuvent servir de limite maxima pour toutes les valeurs de $\delta <$ que 1 pour la première travée, et pour celle correspondant à $\delta > 1$, pour la seconde

travée. L'erreur que l'on commettrait d'ailleurs à substituer à la valeur de δ l'une des valeurs extrêmes 1 ou 1, 3, n'atteindrait pas une grande importance relative, et l'on pourra, si l'on se contente d'une certaine approximation, prendre graphiquement ces valeurs, sur cette même figure n° 1.

Pour les poutres non symétriques, on ne pourra plus se servir des épures de M. Bresse, pour la détermination des moments dus aux charges permanentes. Il faudra entreprendre des calculs spéciaux, qui amèneront la connaissance des coefficients β dont on a besoin, et que l'on n'aura qu'à savoir appliquer.

Nous pensons d'ailleurs qu'en admettant une erreur relative, on pourra, pour faciliter ces calculs, considérer chaque travée, comme appartenant avec le même rang à une poutre symétrique, et, dans ce cas, le calcul reviendrait à ce que l'on a déjà considéré.

Quant à l'action de charges couplées et à celles de travées les unes sur les autres, il sera très facile de connaître leur effet quand on aura déterminé les points fixes F dans chaque travée, et en appliquant judicieusement le théorème de la superposition des forces.

Mais, si malgré tous les inconvénients montrés on persiste à vouloir transformer les charges concentrées, en charges uniformément réparties, nous pensons que les données de la figure n° 2 peuvent être d'une certaine utilité, car elles se rapprochent bien plus de la réalité que l'admission d'un poids unique.

On prendra en conséquence et suivant l'ouverture donnée le poids uniformément réparti, que l'on introduira dans les formules graphiques de M. Bresse, en prenant pour le moment négatif la plus grande des valeurs que nous donnons.

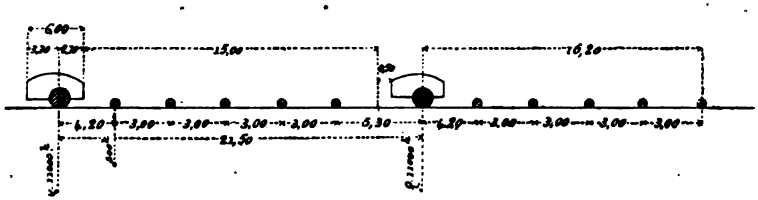
Comme nous n'avons considéré dans le calcul des courbes de la figure n° 2, que l'action de la charge sur deux travées consécutives, si la poutre comporte un nombre considérable de travées, il faudra augmenter les moments négatifs dans le rapport de $1 + \beta$ à 1, et les moments positifs dans le rapport de $1 + \beta^2$ à 1, et ceci pour les travées centrales seulement, pour tenir compte de l'action des charges sur les travées qui les suivent, et qui les précèdent.

ANNEXE N° 1.

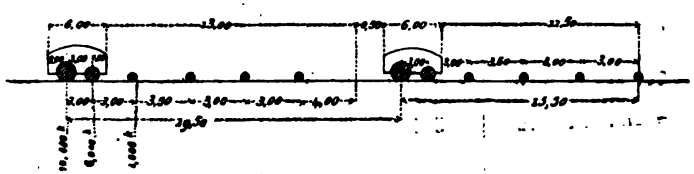
TYPES DE CONVOIS DE VOITURES

DONNÉS PAR M. KLEITZ.

Voitures à 2 roues attelées de 5 chevaux.



Voitures à 4 roues attelées de 8 chevaux.



Extrait de la Circulaire ministérielle du 9 juillet 1877.]

Tableau donnant les surcharges uniformément réparties par mètre courant de simple voie.

PORTÉE des travées.	SURCHARGE uniforme.	PORTÉE des travées.	SURCHARGE uniforme.	PORTÉE des travées.	SURCHARGE uniforme.	PORTÉE des travées.	SURCHARGE uniforme.
mètres.	kilogrammes.	mètres.	kilogrammes.	mètres.	kilogrammes.	mètres.	kilogrammes.]
2	12.000	11	6.900	20	4.900	70	3.500
3	10.500	12	6.500	25	4.500	80	3.400
4	10.200	13	6.200	30	4.300	90	3.300
5	9.800	14	5.900	35	4.200	100	3.200
6	9.500	15	5.700	40	4.100	125	3.100
7	8.900	16	5.500	45	4.000	150	
8	8.300	17	5.400	50	3.900	et	3.000
9	7.800	18	5.200	55	3.800	au delà.	
10	7.300	19	5.100	60	3.700		

TABLEAU N° IX. — **Calcul des ordonnées des moments fléchissants pour une travée centrale.**

q	$q(1-q)$	$q^2(1-q^2)$ $X_1 q$	$q(1-q^2)$ X_1	$r(1-r)^2\beta$ Produit des valeurs de la colonne (4) renversée par $\beta = 0{,}2679492$	$\frac{X_{m+1}}{\alpha}$ Différence des colonnes (4 et 5)	$\frac{X_{m+1}q}{\alpha}$ Produit des colonnes (6 et 1)	$\frac{X_m r}{\alpha}$ Valeur de la colonne (7) pour les valeurs complémentaires de q	$\frac{X_m r + X_{m+1}q}{\alpha}$ Somme des colonnes (7 et 8)	$X_m r + X_{m+1} q$ Produit de la colonne (9) par $\alpha = 0{,}2886$	X Différence des colonnes (2 et 10)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
,05	0,0475	0,00249	0,0500	0,024812	0,025188	0,001259	0,075243	0,076502	0,022084	0,025416
,10	0,0900	0,00990	0,0990	0,045819	0,053181	0,005318	0,130036	0,135354	0,039100	0,050900
,15	0,1275	0,02196	0,1466	0,063182	0,083418	0,012513	0,167041	0,179554	0,051730	0,075770
,20	0,1600	0,03840	0,1920	0,077168	0,114832	0,022966	0,189243	0,212209	0,061256	0,098744
,25	0,1875	0,05858	0,2340	0,087887	0,146113	0,036528	**0,198975**	0,235503	0,067982	0,119517
,30	0,2100	0,08190	0,2730	0,095657	0,177343	0,053203	0,193695	0,251808	0,072688	0,137312
,35	0,2275	0,10748	0,3070	0,100560	0,206440	0,072254	0,190476	0,262730	0,075841	0,151659
,40	0,2400	0,13440	0,3360	**0,102894**	0,233109	0,093243	0,176382	0,269625	0,077831	0,162169
,45	0,2470	0,16144	0,3588	0,102785	0,256014	0,115206	0,158103	0,273309	0,078894	0,168116
,50	**0,2500**	0,18750	0,3750	0,100480	0,274520	0,137260	0,137260	**0,274520**	**0,079243**	**0,170757**
,55	0,2470	0,21106	0,3836	0,096140	0,287460	0,158103				
,557	.....	.....	**0,38428**	.....	.....	.....				
,60	0,2400	0,23040	0,3840	0,090030	0,293970	0,176382				
,6133	.....	.....	.....	.....	**0,294410**	.....				
,65	0,2275	0,24400	0,3753	0,082260	0,293040	0,190476				
,70	0,2100	**0,24990**	0,3570	0,073149	0,283851	0,198695				
,75	0,1875	0,24600	0,3280	0.062700	0,265300	**0,198975**				
,80	0,1600	0,23000	0,2880	0,051446	0,236554	0,189243				
,85	0,1275	0,20000	0,2358	0,039281	0,196519	0,167041				
,90	0,0900	0,15390	0,1710	0,026526	0,144474	0,130036				
,95	0,0475	0,08800	0,0926	0,013397	0,079203	0,075243				

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE FÉVRIER 1882

Séance du 3 Février 1882.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE TRÉLAT.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 20 janvier est adopté.

M. LE PRÉSIDENT fait part du décès de MM. Barroux et Chanoit.

M. LE PRÉSIDENT annonce que M. Colladon vient d'être nommé officier de la Légion d'honneur.

M. REY fait hommage à la Société d'une brochure intitulée : *Le Pertuis du Viso*, étude historique d'après des documents inédits du quinzième siècle, conservés aux archives nationales de Turin, par *Louis Vaccarone*.

M. REY ajoute quelques développements intéressants qu'il emprunte à un résumé fort bien fait de la brochure de M. Vaccarone, publié par le *Club Alpin français* dans son 4e bulletin trimestriel de 1881.

« L'origine du tunnel du Col de la *Traversette*, connu dans le patois du pays sous le nom de *Pertus d'Viso*, a été pendant longtemps une question fort controversée entre les archéologues. La tradition populaire attribuait le percement de cette galerie tantôt à Annibal, tantôt aux Romains, tantôt encore aux Sarrasins. Il avait été reconnu, en dernier lieu, que le véritable auteur de ce travail était le marquis Louis II Saluces, qui, d'accord avec le roi de France, Louis XI, et le Parlement de Grenoble, en avait entrepris l'exécution en 1478. M. Vaccarone a retrouvé aux archives de Turin un certain nombre de pièces relatives au percement du Viso, de 1478 à 1480, il les publie avec un intéressant commentaire, grâce auquel nous pouvons

suivre toutes les phases de la négociation qui eut lieu à cette occasion entre le souverain du Dauphiné et le marquis de Saluces.

« Le transport des marchandises, de France dans le marquisat de Saluces, exigeait un voyage long et incommode : il fallait passer par le mont Genèvre ou par le mont Cenis, routes qui, appartenant à d'autres États, étaient fermées aux habitants du marquisat en temps de guerre, et où il fallait payer des droits lourds et nombreux.

« Le marquis Louis II eut l'idée de faire percer sous le col de la Traversette une galerie qui mît en communication directe la vallée du Pô avec celle de Queyras[1], en Dauphiné. Après avoir fait faire quelques études préliminaires, il s'adressa, en 1475, au Parlement de Grenoble, pour obtenir son concours qui était indispensable, puisque le tunnel projeté devait déboucher sur le territoire Dauphinois. Le Parlement fit procéder à deux enquêtes successives sur les avantages ou les inconvénients qui pourraient résulter de l'ouverture de cette route nouvelle, et, le 20 décembre 1477, il transmit au roi de France copie des informations qu'il avait recueillies. Le roi s'empressa de donner son consentement au projet; et les trois États du Dauphiné ayant à leur tour accordé leur approbation, un marché fut passé entre le marquis de Saluces (au nom, en outre, du roi de France et du Parlement du Dauphiné), d'une part, et, de l'autre, les nobles Martin d'Albano et Balthazar d'Alpiasco, lesquels s'engageaient à ouvrir au travers du mont Viso une galerie qui fût propre au passage commode des traîneaux et des mulets, dans le terme de dix-huit mois; à construire une route aux deux entrées de la galerie, et à améliorer les routes d'accès en les rendant muletières; les dépenses occasionnées par ces travaux devant se répartir entre le Dauphiné et le marquisat de Saluces. La galerie devait avoir 10 pieds de large et 8 pieds de haut. Ses entrepreneurs devaient recevoir, pour prix de ce travail, une somme de 12,000 florins; on devait, en outre, leur fournir gratuitement tout le bois, le fer et l'acier nécessaires. »

La galerie fut terminée à la fin de 1480 et devint aussitôt l'une des voies les plus fréquentées du commerce; elle servit au passage d'une partie des armées françaises sous Charles VIII et François Ier, et appartint à la France jusqu'en 1588, époque à laquelle le duc de Savoie, Charles-Emmanuel Ier, s'empara de Saluces et fit boucher la galerie.

« Dans la seconde moitié du dix-huitième siècle, les communes limitrophes, piémontaises et françaises, avaient demandé à plusieurs reprises que la galerie fût rouverte; et, en 1798, le Piémont ayant été réuni à la France, des études furent faites en vue de l'exécution de ce projet. L'année suivante, les coalisés victorieux occupaient le Piémont, en sorte que le rétablissement du passage ne put avoir lieu. Mais, sous le gouvernement de Bonaparte, l'idée fut reprise, et, en 1803, le déblayement du tunnel fut effectué sous les ordres de M. Bressy, sous-préfet de Saluces.

1. Le village de Queyras est situé dans la vallée du Guil, affluent de la Durance.

« Depuis lors, la galerie s'est trouvée à plusieurs reprises obstruée par des éboulements. Le dernier déblayement a eu lieu en 1878. »

D'après les documents mis à jour par M. Vaccarone, le tunnel semble avoir été attaqué par les deux extrémités : « Un certain Philippe Emé, chargé peut-être de surveiller les travaux..., écrit à la marquise de Saluces pour lui démontrer que du moment que la galerie était terminée sur le versant italien, il fallait mettre la main aux travaux du côté du Dauphiné. »

Un autre passage du même ouvrage indique quelle est la nature des roches traversées : « Les éboulements successifs qui se sont produits dans le tunnel provenaient de la nature même des roches, qui sont des schistes chloriteux et amphiboliques; dès les premières années, ils furent en continuelle décomposition comme ils le sont encore actuellement. » Il résulte de cette indication que la percée du Viso, pratiquée dans le terrain jurassique comme celle du mont Cenis, a dû offrir, à l'époque, des difficultés de même nature que celles auxquelles a donné lieu l'exécution de ce dernier ouvrage.

La situation et les dimensions du tunnel sont également indiquées : « Le tunnel se trouve à 2,915 mètres au-dessus du niveau de la mer; il a la direction de l'Est à l'Ouest; sa longueur est d'environ 75 mètres, sa hauteur de 2 mètres et sa largeur d'environ $2^{m},47$. » Quand la galerie fut creusée, elle était plus longue que maintenant. M. Vaccarone cite plusieurs auteurs qui lui attribuent une longueur de 1/4 de mille et même 1/2 mille, mais il ajoute : « Si nous nous en tenons aux calculs préventifs des hommes de l'art employés par Louis II, cette longueur était précisément le double (soit 150 mètres). Les éboulements constants de la montagne l'auront à coup sûr raccourcie, mais il nous semble difficile d'admettre que ce soit de moitié.

« La voûte et les parois sont irrégulières. Au sommet de la voûte sont suspendus quelques anneaux qu'on présume avoir dû servir à supporter des lanternes, et aux deux côtés existent, d'espace en espace, des cavités où, selon toute apparence, l'on retirait les bêtes de somme lorsque d'autres venaient à les rencontrer. A environ 30 mètres de l'entrée est, la galerie fait un léger coude, ce qui cause une accumulation de neige qui n'existerait pas si la galerie était en ligne droite. » Cette dernière phrase semble indiquer que les deux percements n'ont pas été faits suivant le même alignement; est-ce par suite d'une erreur ou à dessein, nous ne saurions nous prononcer à ce sujet.

Enfin, M. Vaccarone ajoute en terminant : « La galerie du mont Viso, dont il (Louis II) eut l'idée et qu'il fit exécuter, fut une œuvre merveilleuse si on pense à la localité, à l'époque, à la pénurie des moyens, et aux difficultés presque insurmontables qu'il fallut vaincre. Il y a peut-être eu plus de mérite, croyons-nous, à percer le tunnel du mont Viso en 1480 que celui du Saint-Gothard en 1880. Transportons-nous quatre cents ans en

arrière, et en pensant aux conditions économico-sociales d'alors, nous comprendrons la grandeur et la hardiesse de ce projet.

« Le nom de *Louis II, marquis de Saluces*, doit être marqué avec orgueil dans les fastes du progrès humain, comme celui plus modeste de *François Médail*, le premier qui eut l'idée du tunnel du Fréjus. Grâce à eux, les Alpes ne sont plus une barrière entre les peuples, mais une source de bien-être social et de civilisation, un lien entre les deux nations qui habitent leurs versants. »

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Rey d'avoir fait hommage à la Société d'un document qui sera précieux pour notre bibliothèque, et le remercie également du résumé intéressant qu'il en a présenté.

M. MALLET présente un compte rendu sommaire d'une note adressée par M. Meyer, membre de la Société, ingénieur en chef de la construction des chemins de fer de la Suisse occidentale et du Simplon, sur les installations et l'avancement des travaux du tunnel de l'Arlberg.

La plupart des renseignements contenus dans cette note, qui est ce qui a paru de plus complet et de plus nouveau, tout au moins en français, ont été recueillis dans une visite toute récente de M. Meyer à l'Arlberg.

Le chemin de fer de l'Arlberg dont l'importance, au point de vue des relations directes entre l'Autriche d'une part, et la Suisse et la France de l'autre, est capitale, a déjà fait à la Société, l'objet d'une communication de M. Pontzen et d'observations de M. Nordling. La note de M. Meyer ne concerne que le tunnel qui est d'ailleurs la partie la plus importante de la ligne.

On sait que le tracé adopté comporte une longueur de souterrain de 10,270 mètres, ce tunnel a donc comme importance le rang qu'il occupe dans l'ordre chronologique parmi les grands tunnels pour chemins de fer. Il présente un intérêt particulier en ce qu'on a mis à profit l'expérience acquise dans les travaux du percement du mont Cenis et surtout dans ceux du Gothard.

Les cotes d'altitude des entrées sont de 1,302 mètres à l'Est et de 1,214^{m},88 à l'Ouest. Le point culminant à l'intérieur est de 1,310^{m},20, le profil en long se compose ainsi de deux rampes se rencontrant dans le souterrain, l'une à l'Est de 2 millièmes, l'autre à l'Ouest de 15; le tracé est donc favorable dans le sens de l'Est à l'Ouest, c'est-à-dire dans celui du plus grand trafic prévu. La plus grande altitude du terrain au-dessus de l'axe est de 2,100 mètres, ce qui fait une hauteur de 800 mètres au-dessus du tunnel.

Le tracé est en alignement droit, mais il se raccorde à partir des têtes avec le tracé à ciel ouvert par des courbes de 300 mètres d'un côté et de 500 de l'autre.

On avait eu à l'origine l'idée de faciliter l'exécution au moyen d'un puits incliné arrivant vers le milieu du tunnel, mais le prix élevé de cet ouvrage

et la grande rapidité d'exécution que les travaux préliminaires ont permis de prévoir, a fait abandonner ce projet et le percement se fait au moyen d'attaques par les deux extrémités.

L'ensemble des terrains à traverser se compose de schistes cristallisés micacés contenant une proportion variable de quartz; à l'Est le quartz est plus abondant et la roche plus dure, elle se rapproche du gneiss et il y a peu d'infiltrations; à l'Ouest c'est le contraire, le mica prédomine, les roches sont moins dures, mais elles sont aussi plus crevassées, ce qui donne lieu à d'assez fortes infiltrations et nécessite des boisages.

On a adopté pour le percement le système anglais, il y a à la base une galerie d'avancement de $2^m,75$ de largeur sur $2^m,30$ de hauteur et tous les 50 mètres il y a une cheminée communiquant avec une galerie de faîte ou de calotte de 2 mètres de largeur sur $2^m,30$ de hauteur, laquelle suit de près la première.

Les appareils mécaniques de perforation et de ventilation nécessitent une force motrice considérable qui est, comme toujours en pareil cas, empruntée à des cours d'eau.

A l'Est on a fait un barrage sur la Rosanna à 4 1/2 kilomètres de l'entrée et à 140 mètres au-dessus, et l'eau est amenée par une conduite en tôle d'acier qui, en débitant un mètre cube environ par seconde, fournit 1,700 chevaux en été; en hiver on peut encore compter sur 930.

A l'Ouest on amène de même l'eau de l'Alfang par une conduite analogue de près de 3 kilomètres qui fournit 500 chevaux en été et 250 en hiver. On installe une seconde conduite qui amènera l'eau de cours d'eau secondaires qui permettront d'obtenir encore 400 chevaux.

On emploie à l'Arlberg deux systèmes de perforation bien distincts; à l'Est ce sont des perforatrices à air comprimé et à percussion de divers systèmes : Ferroux, Seguin, Walker, etc., tandis qu'à l'Ouest on emploie une perforatrice à rotation à moteur hydraulique, du système Brandt, qui a donné des résultats extrêmement remarquables dans le percement du tunnel en hélice de Pfaffensprug, sur la rampe nord d'accès du Gothard.

D'un côté comme de l'autre il y a une conduite spéciale pour la ventilation; cette conduite a à l'Est $0^m,40$ de diamètre; à l'Ouest, où on n'emploie pas l'air pour la perforation, on avait cru prudent de faire la conduite plus grande en lui donnant $0^m,50$ de diamètre, mais cette précaution a été inutile parce que l'expérience a indiqué que l'eau, qui sort très divisée et avec une grande vitesse du moteur des perforatrices, a un effet remarquable de précipitation sur les gaz de la combustion et produit en outre un abaissement très considérable de température.

Cet effet est si remarquable qu'on va installer dans la partie Est une conduite d'eau sous pression, spécialement destinée au refroidissement et à l'abatage des fumées. On a calculé le débit des conduites de ventilation sur un minimum de 150 mètres cubes par minute, d'après l'expérience du

Gothard, où on a rarement dépassé 100 mètres et où le cube fourni est souvent descendu bien au-dessous.

On emploie pour la compression de l'air destiné aux perforatrices des compresseurs à colonne d'eau mus par des machines à colonne d'eau, du système Mayer, construits les uns à Prague, les autres à Gratz; il y a 6 compresseurs donnant par minute 16,5 mètres cubes à 6 atmosphères.

A l'Ouest, l'eau sous la pression de 100 atmosphères est obtenue avec des pompes à plongeurs différentiels fonctionnant à 60 tours qui donnent 2 litres par seconde, elles sont mues par des turbines Girard à arbre horizontal de 2m,50 de diamètre, il y a près du point d'attaque des accumulateurs à contrepoids reliés aux pompes par des conduites en fer étiré de 70 millimètres.

Toute cette installation a été faite par la maison Sulzer de Winterthur. L'air pour la ventilation est produit par des ventilateurs contrifuges mus par des turbines. D'un côté comme de l'autre, on a établi des machines à vapeur de secours pour venir en aide aux moteurs hydrauliques en cas d'accident.

Les travaux ont été donnés à l'adjudication sur séries de prix, au mois de novembre 1880. Les entrepreneurs sont MM. Cecconi et Lapp frères

M. Mayer donne la série très complète des prix et des clauses du cahier des charges; nous nous bornerons à indiquer que l'avancement à partir du 1er février 1881, ne doit pas être moindre de 3m,30 par vingt-quatre heures, et que le percement doit être terminé en février 1885 et le tunnel achevé en août de la même année, sous peine de 2,000 francs de retenue par jour de retard, les entrepreneurs ayant d'ailleurs droit à une prime de la même valeur par jour d'avance.

On pense que le tunnel achevé coûtera 34,711,000 francs soit 3,379 francs par mètre courant; il est à peine besoin d'ajouter que la singularité de ces chiffres provient de ce qu'ils sont la transformation de sommes exprimées en florins d'Autriche.

De juin à novembre 1880, on avait percé à la main :

à l'Ouest. . .	227m,40 soit. . .	1m,61	par jour
à l'Est. . . .	219m,70 soit. . .	1m,45	—

De novembre 1880 à fin décembre 1881, on a percé à la machine :

à l'Ouest. . .	1362m,40 soit. . .	3m,47	par jour
à l'Est. . . .	1757m,80 soit. . .	4m,77	—

La perforation mécanique atteignait donc au 31 décembre 1881, 3220m,20 et la perforation totale 3667m,30, ce qui représente les 357 millièmes de la longueur totale du tunnel.

M. Meyer fait observer que les installations de l'Arlberg indiquent en général un progrès très marqué sur celles du Gothard, ce qui s'explique

en grande partie par le profit qu'on a tiré de l'expérience acquise dans les travaux précédents, et probablement aussi parce que les installations fixes et mécaniques ont été faites aux frais de l'administration qui n'avait pas dépensé avant l'adjudication moins de 1,577,000 francs, et qui doit dépenser encore 2,500,000 francs; toutes ces installations sont remises en location gratuite aux entrepreneurs.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Mallet de sa communication; il annonce que l'ordre du jour appelle la discussion sur le compte rendu, fait par M. Ivan Flachat, de la conférence de M. Albert Jacqmin, relative à l'établissement des caisses de retraite dans les chemins de fer.

M. ALBERT JACQMIN. Dans la séance du 2 décembre dernier, dit-il, M. Ivan Flachat a bien voulu vous rendre compte d'une conférence que j'avais eu l'honneur de faire à la Société d'Économie sociale, au sujet des caisses de retraite dans les administrations de chemins de fer.

A la suite de la communication de M. Flachat, quelques membres ont exprimé le regret de ne pas avoir été renseignés sur ce qui se passait en Angleterre, ce pays de la liberté et de l'initiative individuelle.

L'honorable M. Cotard, membre de notre Comité, ajoutait en outre les réflexions suivantes. (Je reprends ses propres paroles dans le compte rendu de la séance.)

« La question n'est pas tant de chercher quelle est l'organisation de ces « caisses de retraite, que de savoir quel est le sens élevé, le sens philoso- « phique de ces institutions. Il y a, dans les doctrines actuelles, une ana- « logie singulière avec le socialisme d'État dont on vient de parler, qui « existe en Prusse, et qui tend à créer cette multitude de sociétés de bien- « faisance, de prévoyance, de caisses de secours ou de retraite, et qui a « pour résultat de substituer à l'initiative de chacun le patronage d'une « collectivité anonyme. Je crois que c'est malheureux; je crois qu'il faut « examiner s'il ne conviendrait pas plutôt de marcher vers la suppression « de ces institutions. »

M. Cotard attaquait donc le principe même des caisses de retraites.

J'aurais été heureux, Messieurs, de pouvoir combler aujourd'hui la lacune signalée; mais la Compagnie des chemins de fer de l'Est, à laquelle j'ai l'honneur d'appartenir, n'a que des relations extrêmement rares avec l'Angleterre. Nous savons qu'il existe des caisses de secours ou de retraite dans les Compagnies du Midland et du North-Eastern; malheureusement je n'ai pu trouver de renseignements suffisants sur le mode de fonctionnement de ces institutions, et encore moins sur les résultats obtenus.

Par contre, il est un autre pays dans lequel l'initiative individuelle se donne librement carrière, plus encore peut-être qu'en Angleterre, ce sont les États-Unis d'Amérique.

Par une circonstance fortuite, j'ai pu retrouver quelques indications sur

la manière dont la question des retraites est envisagée dans ce pays, tout au moins comme principe. J'espère qu'elles pourront vous intéresser.

Le 22 mars 1877, le journal *la Nation*, qui paraît à New-York, publiait un article dont nous extrayons ce qui suit :

« L'Association fraternelle des mécaniciens de chemins de fer est engagée « maintenant dans la dernière et la plus utile partie de sa tâche. Ceci con- « siste à entraîner nos grandes compagnies à créer, par elles-mêmes, des « associations fraternelles, transformant la foule actuelle des employés en « un service organisé hiérarchiquement, avec son avancement, ses assu- « rances sur la vie et ses pensions de retraite. Les hommes seraient liés à « la Société par quelque chose de plus que le payement d'un salaire men- « suel, et ils ne sacrifieraient pas légèrement, en se mettant en grève, les « résultats acquis par l'accumulation des années de service. Ce n'est pas « notre affaire d'entrer dans les détails d'une organisation de ce genre.

« Nous pouvons seulement dire que ce que M. Arthur et ses associés ont « fait, nous pensons que M. Vanderbilt, ou M. Scott, ou M. Chapin (tous « trois directeurs de chemins de fer), peuvent le faire encore mieux.

« Si quelques grèves de plus étaient nécessaires pour faire mettre ces « Messieurs à l'œuvre, nous espérons sincèrement que, dans le plus bref « délai possible, le grand chef Arthur pourra lancer l'appel nécessaire. »

Non seulement les Directeurs ne crurent pas devoir obtempérer à une sommation de cette nature, mais, de plus, ils pensèrent pouvoir prescrire une réduction de salaires, par suite du ralentissement des affaires.

Aussitôt la grève éclata.

Vous avez pu lire à cette époque dans diverses publications, parmi lesquelles nous nous bornerons à rappeler *la Revue des Deux-Mondes*, le récit des excès auxquels les grévistes se livrèrent. Les autorités locales, impuissantes à réprimer ces désordres, furent obligées de recourir à l'armée régulière et à la marine fédérale.

L'ordre se rétablit enfin au bout de plusieurs semaines, et l'on se préoccupa immédiatement des mesures à prendre pour éviter le retour de semblables crises. Quelques-uns voulaient recourir à l'intervention de l'État, pour fixer un tarif minimum de salaires; d'autres, inspirés par un sentiment tout différent, affirmaient que l'État avait pour devoir suprême de protéger les administrations de chemins de fer contre toute interruption violente et illégale du service régulier. La plupart n'hésitèrent pas à attribuer la cause de ces désordres à la mauvaise organisation des compagnies américaines.

Dans deux lettres adressées au journal *la Nation*, à la date des 30 août et 6 septembre 1877, M. Charles Adams, l'un des hommes les plus éminents des États-Unis, membre du Conseil des commissaires de chemins de fer pour l'État de Massachussetts, rend compte de la situation; il fait la critique du système américain, expose, en regard, les mesures prises par les com-

pagnies françaises dans l'intérêt de leurs agents, et déclare qu'il faut entrer résolument dans la même voie que ces dernières.

M. Ch. Adams signale particulièrement comme premières satisfactions à donner au personnel : l'avancement régulier, la garantie d'une pension à la fin de la carrière, l'organisation d'un fonds de prévoyance sérieusement subventionné par la compagnie. Il reproduit, en quelque sorte, les réclamations formulées au mois de mars précédent par l'Association fraternelle des mécaniciens.

M. Ch. Adams n'était pas seul à tourner ses regards vers notre pays. La *Railroad-Gazette* du 14 septembre 1877, le *New-York-Times* du 18 septembre suivant, renferment des articles conçus exactement dans le même esprit. Les conclusions de M. Adams se trouvent également reproduites dans le rapport annuel du Conseil des commissaires de chemins de fer pour l'État des Massachussetts, sur les résultats de l'exercice 1877.

Enfin, permettez-moi de citer un fait presque personnel. Dans le mois de septembre 1877, le directeur de la Compagnie de l'Est reçut des États-Unis plusieurs lettres, dont une du directeur du chemin de fer de l'Érié, dans lesquelles on demandait les renseignements les plus détaillés sur nos institutions françaises.

Vous voyez, Messieurs, que les Américains, après s'être contentés pendant de longues années de l'application du principe de l'offre et de la demande au règlement des relations entre patrons et ouvriers, ont fini par penser qu'il y avait autre chose à faire.

Pour bien apprécier cette question de principe, il faut examiner les effets obtenus au moyen des institutions de prévoyance.

A la Compagnie de l'Est, la création de la caisse de retraite, qui date de 1862, a donné au personnel une stabilité considérable, ainsi qu'il résulte du tableau ci-dessous :

DÉSIGNATION.	AGENTS DES TRAINS.		MÉCANICIENS ET CHAUFFEURS.	
	1866.	1877.	1866.	1877.
Agents ayant plus de 20 ans de service.	2	210	19	373
— de 15 à 20 —	81	280	125	253
— de 10 à 15 —	187	286	354	333
— de 5 à 10 —	385	146	415	265
— de 1 à 5 —	263	144	309	120
Totaux.....	868	1066	1222	1344

Pour les agents des trains, en 1866, il n'y en avait pas le tiers ayant

dix années de service; en 1873, près de la moitié de ce personnel comptait de quinze à vingt ans de présence à la Compagnie. Pour les mécaniciens, nous trouvons : en 1866, près de moitié n'ayant pas dix ans de présence; en 1873, plus de moitié comptant au moins quinze années de service.

Aussi, dans sa réponse à M. Ch. Adams, le directeur de la Compagnie de l'Est pouvait-il s'exprimer ainsi :

« La Compagnie, en dehors des traitements réguliers, a dépensé, en « 1876, en faveur du personnel, plus de deux millions de francs. Le sacri- « fice est considérable, et nous ne le regrettons pas; notre personnel « commissionné est très stable; nos statistiques montrent les progrès « réalisés depuis dix ans.

« Je répète toujours la même chose : on peut juger de la valeur d'une « institution par la permanence ou la variabilité dans la durée des engage- « ments volontaires. Si, libres de se séparer l'un de l'autre, le maître et le « domestique, le patron et l'ouvrier, le chef d'industrie et l'employé restent « unis, on peut dire que les liens qui les attachent ont une valeur « morale. »

Vous apprécierez, Messieurs, la portée d'un pareil résultat, au point de vue social, et vous reconnaîtrez qu'il y a là un bien grand argument en faveur de nos caisses de retraite.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Jacqmin des développements qu'il a bien voulu nous donner, et accorde la parole à M. Cotard.

M. COTARD se félicite d'avoir provoqué, par les quelques observations qu'il avait formulées à la séance du 2 décembre, une communication aussi intéressante que celle que vient de présenter M. Jacqmin; mais il croit de son devoir d'expliquer ici que les objections qu'il avait élevées contre le principe des caisses de retraite visaient spécialement les institutions de l'État bien plus que les institutions privées. Il a toujours, en effet, protesté contre cette tendance de l'État à se substituer aux efforts de l'initiative privée par la création d'établissements de bienfaisance, de retraite, de secours et autres, dont le développement a pour inconvénient grave de tendre à faire disparaître le sens de la responsabilité personnelle, aussi bien chez les individus que dans les collectivités ou groupes privés, qu'ils s'appellent famille, société ou compagnie.

Il n'a point voulu porter atteinte à des sentiments de solidarité dont il comprend la valeur, ni aux institutions qui ont pour but de les favoriser.

M. AUGUSTE MOREAU pense que, dans ces questions comme dans beaucoup d'autres, l'ingérence de l'État est une chose très fâcheuse.

Cela est tellement vrai, qu'en dehors des administrations spéciales gouvernementales, il existe une institution de prévoyance accessible à tous, c'est la caisse d'assurances contre les accidents et la vieillesse fondée par

l'État en 1868 : son insuccès est notoire alors qu'on voit toutes les compagnies libres arriver à un degré de prospérité remarquable.

La caisse de 1868, qui a atteint aujourd'hui sa treizième année d'existence n'a en effet constamment donné que de médiocres résultats ; ce fait a été attribué à bien des raisons : à la faiblesse des indemnités accordées, à l'insouciance mise par le gouvernement lui-même à faire connaître et à développer l'institution, etc.

Les véritables raisons sont : d'abord, le peu de facilité et les interminables formalités que présente l'inscription, vice inhérent à toute organisation administrative ; mais surtout, le peu de sympathie que rencontre, auprès du public spécial intéressé, une caisse qu'il ne peut lui-même administrer et contrôler et dont l'idée est contraire aux principes de l'initiative privée et de la liberté individuelle évoqués à si juste titre par M. Cotard, et dont plus que personne nos ouvriers français sont jaloux.

M. Auguste Moreau cite l'exemple d'un pays où cependant l'État s'appuie sur un régime autocratique et d'un despotisme presque absolu, où il est aidé par une aristocratie, hiérarchisée et des plus soumises, toujours prête à seconder le pouvoir quand il s'agit d'opprimer les masses populaires ; où les chefs du gouvernement ont personnellement une influence et un prestige considérables accompagnés d'une autorité sans analogue, excepté peut-être en Russie. En Allemagne, en Prusse en un mot, le gouvernement tenta, pour poursuivre la réalisation de son programme draconien, de tout faire absorber par l'État en accroissant sa popularité personnelle, de fonder récemment une caisse d'assurance nationale contre les accidents en forçant chaque ouvrier à y participer et à verser sa cotisation.

Eh bien, malgré toute sa puissance, et quoique les ouvriers allemands subissent beaucoup plus facilement que les nôtres les excès de pouvoir et les humiliations de toutes sortes, quoiqu'ils possèdent à un degré incomparablement plus faible que les ouvriers français ces sentiments de liberté, d'initiative, de dignité personnelle, le gouvernement allemand dut plier devant l'opposition qui lui fut faite et renoncer à son projet. Les ouvriers ne demandaient pas mieux que de voir organiser des caisses de secours et de retraite, mais pour eux, l'État ne devait y contribuer que comme simple particulier venant généreusememt en aide à la chose générale par un versement. Dans tous les cas, ils repoussaient absolument l'idée de toute cotisation obligatoire, de toute retenue sur leurs salaires, de toute contrainte légale annihilant leur propre volonté.

M. Auguste Moreau désirerait que ces idées fussent généralisées et étendues non seulement à l'État, mais aux grandes et petites compagnies et aux entreprises de tous genres.

Il ne faut pas perdre de vue, en effet, un côté de la question, dont personne ne parle et qu'il est cependant nécessaire de signaler ; c'est que ces institutions n'ont pas exclusivement le but philanthropique qu'on leur attri-

bue en général. Elles constituent, par exemple, pour les grandes compagnies de chemins de fer dont on nous a parlé au début de cette discussion, un moyen de conserver leurs employés, de les retenir même contre leur gré, de les empêcher de quitter leur poste même quand ils ont des appointements dérisoires sans aucun rapport avec leur valeur; un moyen, en un mot, de réaliser en petit le programme prussien et de dominer le personnel; celui-ci, en effet, les petits employés surtout, quoique souvent fort mécontents, hésitent en partant à abandonner les sommes déjà versées, prélevées sur leurs faibles appointements et irrémédiablement perdues pour eux.

Les chiffres de M. Jacqmin sont forts éloquents sur ce point : sans caisse de retraite on conserve deux agents pendant vingt ans ; avec la caisse on voit ce nombre s'élever à 210 et ainsi pour les autres. Les agents y ont-ils un immense avantage? ce n'est pas ce qu'ils disent, mais il est certain que les compagnies ne doivent pas s'en plaindre.

La vérité serait une caisse de retraite organisée collectivement par l'ensemble ouvrier et patron ou compagnie, ces derniers ne demandant rien aux premiers et portant les sommes nécessaires sur leurs frais généraux comme toute autre dépense courante ; la surveillance et le contrôle du mouvement et de la répartition des fonds seraient faits également par un comité composé des représentants des deux éléments intéressés. Cela augmenterait considérablement la confiance, l'estime réciproque, la sympathie entre ces deux camps presque toujours ennemis, et aplanirait bien des difficultés. Mais à aucun prix on ne prélèverait de retenue, obligatoire ou non, sur les salaires, et l'ouvrier toujours libre de partir à son gré toucherait en s'en allant une somme proportionnée au nombre d'années qu'il aurait passées dans l'entreprise.

Quant à l'État, il serait toujours libre de venir en aide à ces institutions en leur allouant, à titre d'encouragement, des sommes aussi fortes qu'il le voudrait, mais à aucun prix, il ne doit pouvoir seul, pas plus qu'aucune compagnie, organiser à son profit, détenir ou exploiter lui-même, les caisses de secours de quelque nature qu'elles soient.

M. de Courcy, administrateur de la Compagnie d'assurances générales, invité à assister à la séance, explique comment il a été amené, par l'intermédiaire de M. Jacqmin, à prendre part à cette discussion. Il tient tout d'abord à exprimer son opinion au sujet des caisses dites « de retraite » dont il condamne absolument le principe, parce que ce principe entraîne avec lui l'idée de *rente viagère* opposée à l'idée de famille. Il préconise au contraire les « caisses de prévoyance, » parce qu'elles sont fondées sur un principe juste, celui du *patrimoine*. Il indique que ses efforts personnels, depuis trente-deux ans, ont toujours tendu vers ce but, de substituer l'idée de *patrimoine* à l'idée de *rente viagère;* malheureusement, on n'a pas suffisamment tenu compte de ce principe dans l'établissement d'un grand nombre d'institutions remarquables, telles que celles fondées par les com-

pagnies de chemins de fer, et dans lesquelles on a écarté l'idée de patrimoine et conservé les défauts des *pensions de l'État*. Ces défauts, qui existent d'ailleurs dans la loi de 1853, ont été reconnus depuis, et un projet adoptant le principe des caisses de prévoyance a été récemment voté par le Sénat.

M. DE COURCY expose ensuite les résultats de son expérience personnelle sur cette question. Appelé, en 1850, à s'occuper des moyens d'assurer l'avenir de l'employé, il songea dès cette époque à laisser à celui-ci la faculté de convertir le capital, qui devait, au bout d'un certain nombre d'années de service, lui fournir une rente viagère variable suivant son âge, en un capital réel donnant lieu à une rente perpétuelle et constituant ainsi un véritable patrimoine pour l'employé et sa famille. Le mot de « caisse des pensions » fut d'abord appliqué à ce système. Cette idée d'option, si simple, si naturelle, et que M. de Courcy s'honore d'avoir le premier consignée dans un règlement, fut féconde en heureux résultats; ce qui devait être l'exception devint la règle : les 5/6 des employés optaient pour le patrimoine. Dès lors, le titre fut changé pour celui de « Caisse de prévoyance, » et cette institution a largement contribué au bien-être matériel et moral des employés; en assurant un avenir à leur femme et à leurs enfants, elle a développé chez eux l'idée de la famille, et leur moralité y a singulièrement gagné.

M. DE COURCY explique ensuite comment, après les événements de 1870-71, ses idées ont été prises en considération; il mentionne les applications qui en ont été faites, et indique le fonctionnement du système dans diverses sociétés financières et industrielles, ou d'autres entreprises. Il présente les modèles des livrets individuels qui sont remis à chaque employé, et qui constituent un véritable lien entre eux et la société qui les occupe. Enfin, il montre par quelques exemples les progrès remarquables accomplis par une institution qui, depuis trente-deux ans qu'elle existe, a obtenu, on peut le dire, un succès éclatant.

M. LE PRÉSIDENT. Puisque personne ne réclame plus la parole dans cette brillante discussion, je signalerai une lacune qui me paraît subsister dans les considérations développées. M. Jacqmin nous a fait connaître la diversité des efforts des compagnies pour donner de la stabilité à leurs personnels à l'aide des caisses de retraite. — M. Cotard a revendiqué les droits primordiaux de la responsabilité individuelle et indiqué les réserves qu'ils imposent aux compagnies dans ces sortes de créations. — M. Moreau, appuyant la même thèse, a dit nettement que les caisses de retraite ne devaient jamais être l'œuvre des administrations, mais qu'il appartenait aux intéressés seuls de les constituer. — Enfin, M. de Courcy vous a éloquemment montré qu'il ne faut plus songer à la *rente viagère* qui n'est qu'un stimulant égoïste des caisses de prévoyance; mais que le *patrimoine acquis* doit y être la visée moralisante de tous les participants.

Je voudrais à mon tour me placer au point de vue de la marche de ces

grandes machines de production, qu'on appelle *sociétés*, *compagnies*, ou plus généralement *administrations*. Et pour être plus clair, je parlerai de la plus grande de toutes les administrations, de l'administration publique. Il y a longtemps que les retraites y fonctionnent d'une manière générale. Je ne veux pas dénigrer notre administration. Si je reconnais que nous avons trop fatigué les étrangers des louanges sans limites que nous lui avons jadis tant accordées, je sais aussi qu'elle a des vertus et des moralités qui sont rarement égalées dans d'autres pays et jamais dépassées. Mais je constate en même temps que, prise dans son ensemble, c'est une machine lente et dont le rythme s'accorde difficilement aux imprévus des besoins et à la variété des circonstances. Le personnel respectable y est, non paresseux comme on l'a quelquefois dit avec injustice, mais atiédi. On est régulier; on va jusqu'à la ponctualité; mais on n'atteint pas le zèle. N'est-ce pas un mot de terroir bureaucratique que ce précepte : *pas de zèle ?* Au demeurant, il s'est fait là une espèce de tempérament *sui generis*, capable d'une douce continuité d'action et très approprié à la moyenne collective que nous connaissons. On peut se demander si ce sont là les meilleures conditions du rendement administratif. Pour ma part, j'ai toujours pensé qu'il y aurait mieux à faire; mais que les retraites gérées par l'État étaient un obstacle infranchissable, surtout gérées comme elles le sont avec la perte des retenues effectuées pour tout agent ou employé qui quitte l'administration. Comment voulez-vous que dans ces conditions un chef honorable se sépare d'un brave homme, quelle que soit sa médiocrité. Il le tolère, et par là diminue deux fois le niveau, l'effet utile de son personnel : d'abord dans l'agent qu'il conserve; ensuite dans l'affadissement qui s'étend autour de lui. « Si celui-là suffit; je n'ai pas tant de mal à me donner pour faire mieux, » chacun se parle ainsi.

Il y aurait deux moyens de faire cesser ce mal. Ou bien que l'administration ne s'occupât pas des retraites, augmentât les traitements et reprit sa liberté d'entretenir la qualité des services; — ou bien, au moins, qu'elle put restituer les retenues effectuées au moment où un remplacement est devenu nécessaire. M. de Courcy, qui nous a exposé tout à l'heure son organisation si moralisante, nous a dit que dans de certaines conditions, il rendait le capital acquis avant le terme primitivement convenu. Je lui demande s'il pourrait le faire à une époque quelconque, et pour tout le monde. S'il en était ainsi, il aurait répondu à la préoccupation que je viens de développer et qui s'applique aux administrations industrielles aussi bien qu'à celle de l'État.

M. DE COURCY répond que l'on n'exige aucune retenue sur les salaires, et qu'il est bon d'agir ainsi toutes les fois que cela se peut; il faut laisser à l'employé l'initiative et la responsabilité de ses propres économies : son pécule est prélevé sur les bénéfices des sociétés ou compagnies. M. de Courcy montre l'avantage que présente le système qu'il a exposé, lorsqu'il s'agit de se débarrasser, moyennant la remise du montant du livret, d'un

employé peu actif, mais qui ne mérite point d'être destitué; cette somme est comme entreposée d'avance, et par suite ne donne lieu à aucune difficulté.

M. Marché est amené à prendre la parole, parce que M. Flachat, dans son exposé, a rappelé une communication faite par lui à la Société, en 1874. M. Marché a dû, en effet, s'occuper du fonctionnement des caisses de retraite dans les six grandes compagnies françaises, et il s'est rendu compte que ces institutions reposent en général sur le principe d'un versement de la compagnie, d'une part, et d'une retenue faite au personnel, d'autre part. Or, après la grève des mécaniciens de 1870-71, il est arrivé à cette conclusion : que la pension faite aux agents, en rapport avec le nombre d'années de leur service, devait être fournie exclusivement par un versement de la compagnie, en laissant le personnel entièrement libre, et dégageant la compagnie de toute gêne pour les renvois. C'est le procédé adopté à la Compagnie du Nord de l'Espagne; si l'employé le désire, on lui donne le capital. M. Marché ajoute que ce système donne de bons résultats et lui paraît à recommander.

M. Leclerc demande à ajouter quelques renseignements sur les caisses de retraite anglaises, dont on a parlé en disant qu'elles sont plus libérales que les caisses françaises. En général, d'après les documents qu'il possède, les caisses anglaises sont fondées exactement sur le même principe que les nôtres, c'est-à-dire qu'elles comportent également une certaine retenue sur les salaires constituant une pension au bout d'un certain nombre d'années de service.

M. Leclerc signale la gravité de cette conclusion formulée par M. Jacqmin dans sa communication que, pour assurer le service des bases prévues, il faudrait une allocation totale annuelle égale à 15 pour 100 des traitements. On doit en déduire, l'allocation étant inférieure à ce chiffre, que les compagnies, à moins de se grever de charges qui sans cesse iront en augmentant, arriveront certainement, dans un temps plus ou moins long, à la faillite de leurs engagements. Cependant les compagnies n'ont pu commettre une telle erreur et elles ne paraissent pas craindre un pareil risque; car plus elles modifient le règlement de leurs caisses de retraite, plus elles le rendent avantageux aux employés.

Il fait remarquer, admettant pour exact le calcul qui a conduit à ce chiffre de 15 pour 100, que ce calcul est basé sur les tarifs établis par les compagnies d'assurances pour les assurances en cas de vie. Or, ces tarifs sont faits d'après la table de mortalité de Deparcieux; de plus, ils comportent le bénéfice que doivent se réserver ces compagnies et supposent que l'argent est placé à 4 pour 100. Les caisses de retraite, elles, ne prétendent à aucun bénéfice et peuvent placer leurs fonds à plus de 4 pour 100 : deux motifs déjà pour réduire le chiffre de 15 pour 100. De plus, la table de Deparcieux a été établie pour des têtes choisies et placées dans des conditions favorables de longévité : les agents des chemins de fer n'étant

pas dans ce cas, la table de Duvillard peut, avec plus d'exactitude, leur être appliquée. D'après Deparcieux, sur 734 individus âgés de trente ans, 463, soit 630 pour 1000, arrivent à l'âge de soixante ans; tandis que, d'après Duvillard, sur 438,183 individus âgés de trente ans, 213,567, soit 487 pour 1000, atteignent l'âge de soixante ans. Donc, si 15 pour 100 des traitements sont nécessaires pour la table Deparcieux, 11.6 pour 100 seront nécessaires seulement pour la table Duvillard. Mais la disparition des agents en cours de service résulte, en sus des décès, des renvois et des démissions. En tenant compte de ces trois causes, celles des six grandes compagnies qui, la première, a créé la retraite, a constaté que sur 1000 agents il n'en restait plus que 246 après vingt-cinq ans de service et 140 après trente ans de service. D'après ces deux chiffres, il suffirait donc de 6 à 3.35 pour 100 des traitements pour assurer la retraite, si 15 pour 100 sont nécessaires d'après la table de Deparcieux.

Par conséquent, on peut être assuré que les allocations fixées par les compagnies sont plutôt trop élevées que trop faibles. En fait, aujourd'hui, le capital des caisses existantes est supérieur à leurs besoins et s'accroît chaque année. Au P.-L.-M., par exemple, pour ne citer que cette compagnie parce que c'est celle où le règlement des retraites a été le plus récemment modifié, le capital à fin 1880 de la caisse dépassait 50 millions, les recettes de l'année avaient atteint près de 6 millions et le service des pensions ne nécessitait qu'un peu plus de 2 millions.

M. Leclerc estime d'ailleurs qu'en principe, et sauf même à réduire le montant de la retraite, mieux vaudrait abandonner l'idée d'une retenue obligatoire sur les traitements, les compagnies continuant leur subvention actuelle, puisqu'elles bénéficient largement de l'institution des retraites par l'augmentation de stabilité de leur personnel.

M. Albert Jacqmin dit que le coefficient de 15 pour 100 a été obtenu de la manière suivante : il a considéré un agent entrant au service à un âge donné, recevant pendant la durée de sa carrière une série de traitements successifs lui donnant droit à une retraite déterminée après trente ans de service. Pour constituer le capital représentatif de cette retraite j'ai trouvé qu'il était nécessaire d'épargner chaque année une somme équivalente à 15 pour 100 du traitement. C'est un résultat absolument mathématique; mais il faut bien s'entendre sur la signification de cette expression *épargne annuelle*.

L'épargne annuelle comprend, en premier lieu, les retenues opérées sur les traitements, lorsqu'il en existe, c'est le cas le plus ordinaire; les compagnies n'ont d'ailleurs fait en cela qu'imiter l'exemple de l'État; en second lieu, les subventions de la compagnie; enfin, en dernier lieu, le bénéfice annuel moyen résultant des radiations par suite de démission, révocation ou décès.

Ce dernier élément est extrêmement variable, il dépend à la fois de la rédaction du règlement et de la stabilité du personnel.

Les calculs ont été effectivement basés sur l'application de la table de Deparcieux et c'est là que se trouve en réalité le plus grand élément d'incertitude dans nos évaluations.

Les uns diront que le service des chemins de fer étant particulièrement pénible, il est à craindre que la vie moyenne du personnel ne soit inférieure à la moyenne générale.

D'autres feront observer que les agents ne sont commissionnés, c'est-à-dire n'acquièrent le droit à la retraite, que sur la production d'un certificat médical constatant leur parfait état de santé. Ce sont donc bien, pour parler le langage des tables de mortalité, des têtes choisies. L'agent, une fois nommé, a son existence assurée; s'il tombe malade il reçoit immédiatement les soins nécessaires. Ces conditions sont meilleures que celles auxquelles sont soumis la plupart des hommes, on peut donc espérer que la santé et la vie seront plus longtemps conservées.

Entre ces deux appréciations absolument contraires où se trouve la vérité? Nous l'ignorons encore, dit M. Jacqmin, et nous devons attendre au moins vingt années sinon trente pour être fixés, sur les conditions particulières de longévité applicables au personnel des chemins de fer.

Nos calculs reposent enfin sur l'application des tarifs des compagnies d'assurances et l'on nous dit les compagnies d'assurances font des bénéfices; — M. de Courcy me fait signe que non — elles passent tout au moins pour en faire; on ajoute que les caisses de retraites n'ont rien de semblable à rechercher. Cela est vrai; mais nos caisses payent des arrérages jusqu'au jour du décès, ce que ne fait pas la compagnie d'assurances, et de plus, elles accordent dans certains cas, aux orphelins des pensions dont la charge seule absorbe largement le bénéfice en question. Nous ne parlons pas des pensions des veuves, car la charge correspondante a été évaluée séparément, tandis qu'il n'a rien été compté pour les orphelins.

On a parlé de la situation florissante de la caisse des retraites de la Compagnie de Lyon; Messieurs, toutes les compagnies en sont là pour le moment, du moins en apparence. Mais ce que l'on ne doit pas perdre de vue c'est que les charges de nos caisses de retraite augmentent chaque année dans une proportion considérable, et qu'il en sera ainsi pendant bien des années encore, jusqu'à ce que la période de fonctionnement normal soit établie. A ce moment on devra compter, d'après les évaluations les plus précises que l'on ait pu faire, pour cent agents en service actif trente retraités, si donc la retraite est équivalente à la moitié du traitement moyen général, vous trouvez une dépense de 15 pour 100 de la somme des traitements, mais ce n'est qu'un minimum, attendu que les retraites sont généralement calculées d'après le traitement moyen des dernières années, lequel est naturellement plus élevé que le traitement moyen général, et que de plus, ce chiffre n'exprime que la charge correspondante aux retraites d'agents et qu'il faudrait en outre tenir compte des pensions de veuves et des secours aux orphelins.

En résumé, les calculs que l'on peut faire au sujet des caisses de retraite présentent aujourd'hui un grand caractère d'incertitude, aussi pensons-nous qu'il faut envisager hardiment l'étendue des charges probables et prendre dès maintenant ses dispositions pour y faire face. Si par hasard les prévisions ont été trop fortes il sera toujours facile de trouver l'emploi d'un excédent de ressources, soit que l'on augmente les retraites, soit que l'on réduise ou que l'on supprime les retenues.

Il serait au contraire fort difficile de combler un déficit éventuel, nous estimons qu'il vaut mieux ne pas en courir le risque.

L'ordre du jour appelle la communication de M. Ferdinand Gautier sur la *Pratique de la déphosphoration sur sole et au convertisseur Bessemer.*

M. F. Gautier se reporte à la série des communications qu'il a déjà présentées à la Société, lorsque la déphosphoration était dans la période de recherches et de discussions théoriques. Aujourd'hui que, par le procédé *Thomas-Gilchrist*, il se produit plus de mille tonnes d'acier par jour, on peut parler de la pratique d'une semblable invention.

Les usines où la déphosphoration se fait couramment sont les suivantes :

Bessemer, 1re fusion, — (prise directe au fourneau). Le Creusot (France), Eston (Angleterre).

2e fusion, — (fusion au cubilot). Angleur (Belgique), Hœrde, Bochum, Ruhrort, Rotheerde (Allemagne), Witkowitz (Autriche).

Martin-Siemens, — Alexandrofsky et Huta-Bankowa (Russie).

Opération Bessemer. — La meilleure forme pour les convertisseurs qui travaillent par le procédé basique, est une symétrie complète autour d'un axe vertical, pour éviter les différences d'usure entre le côté où se fait la coulée et le côté opposé. Ils sont formés de trois parties :

1° Le *bec conique*, qui se remplace quand il y a engorgement par la scorie qui est très prompte à se solidifier;

2° Le *corps cylindrique;*

3° Le *fond.*

Chacune de ces parties est indépendante des autres ; on localise de cette manière les réparations, qui jouent dans le procédé basique un rôle plus important que dans le procédé acide ordinaire. — MM. Daelen et Holley ont imaginé des dispositions mécaniques fort ingénieuses pour remplacer rapidement les convertisseurs hors de service, sans retarder le travail; mais jusqu'à présent, aucune usine ne les a encore appliquées.

Pour la construction des diverses parties du revêtement, il y a deux manières d'opérer :

1° *Maçonner des briques ;*

2° *Damer un pisé entre des moules.*

Les *briques* sont de nature diverse. Primitivement, elles étaient en dolomie et obtenues de la manière suivante : le calcaire, réduit en poudre fine, était mis en pâte avec de l'eau et comprimé sous forme de briques, pour donner de la densité. — On laissait sécher et on cuisait dans un four spécial où la flamme arrivait par en haut et sortait par la sole. On opère ainsi, pour que le retrait considérable qui a lieu (60 pour 100 en volume), ne fasse pas renverser le tas, si le refroidissement commençait par la partie inférieure. — Il faut six jours de cuisson et une consommation de deux tonnes de houille environ par tonne de briques obtenue.

D'après un travail publié, il y a quelques mois, dans les *Annales Industrielles* par M. Walrand, ancien ingénieur du Creusot et des aciéries de Huta-Bankowa, et auquel M. Gautier fera, au cours de cette communication, de fréquents emprunts, il n'est pas absolument nécessaire d'employer la dolomie ; un calcaire un peu ferrugineux et argileux peut très bien servir.

Les limites de composition chimique convenables seraient les suivantes :

Silice	0,5	à	5	pour 100.
Alumine et oxyde de fer	8	à	5	—
Chaux	51	à	28	—
Magnésie	0	à	18	—

Le prix de revient d'une tonne de briques dolomitiques serait, en France, de 60 à 70 francs se décomposant ainsi :

2000 kilogrammes dolomie à 6 francs	12
Broyage	6
Moulage et compression	5
2000 kilogrammes houille à 15 francs	30
Main-d'œuvre	10
Frais généraux	5
	68

On trempe dans le goudron les briques à peine refroidies, pour les soustraire au contact de l'air ; mais, malgré cela, leur conservation est de courte durée.

On a cherché à employer la magnésie pure comme matière réfractaire.

MM. Muller et Tessié du Motay, en partant du carbonate de magnésie de l'île d'Eubée, étaient parvenus à faire des briques de magnésie, ne renfer-

mant comme impureté qu'un peu de silice; mais le prix de ces matériaux était trop élevé pour l'industrie.

De nouvelles sources de magnésie sont maintenant à la disposition des métallurgistes. Sans parler des carbonates naturels de Silésie et de Styrie, qui ont été essayés à Dombrowa et à Witkowitz, mais dont la composition est très variable et le prix très élevé, la magnésie artificielle paraît devoir s'imposer par son bon marché, la régularité de sa composition et son abondance.

M. Prosper Closson et M. Scheibler extrayent la magnésie de la dolomie; M. Schlesing a proposé d'extraire la magnésie des eaux de la mer.

Les sources de magnésie ne manqueront donc pas; et l'on peut espérer trouver là une nouvelle matière réfractaire, autrement durable que le calcaire argileux ou la dolomie. Ce sera une ressource précieuse pour le procédé basique dont l'avenir est, avant tout, de réaliser, sans dépense exagérée, la garniture des appareils qu'il emploie.

Il est assez naturel d'utiliser la dolomie, qui, quand elle a été calcinée, renferme 40 pour 100 de magnésie, l'eau de la mer n'en contient que 2/1000 dont une partie à l'état de chlorure et l'autre à l'état de sulfate.

Par les procédés de M. Closson, en partant de la dolomie, les prix de vente indiqués, de 100 francs la tonne pour la magnésie et 150 francs pour les briques, permettront aux métallurgistes d'utiliser avantageusement ces matières dont le prix tout récemment encore ne s'élevait pas à moins de 1,000 à 1,200 francs. Laissant de côté la question chimique de préparation de la magnésie, sur laquelle M. Closson, membre de notre Société, nous fera sans doute prochainement une intéressante communication, je dirai quelques mots de la fabrication des briques.

M. Tessié du Motay calcinait à haute température le carbonate de magnésie de l'Eubée et soumettait à une pression énergique le mortier fait avec de l'eau. On obtenait ainsi un produit très dense, très durable, comme le montre l'échantillon mis sous les yeux de la Société et qui a été fabriqué il y a huit ou dix ans. — Sans parler du prix de revient, qui était élevé, on obtenait un produit trop dense, qui résistait difficilement aux variations de température.

La magnésie extraite de la dolomie est fort pure et peut, quand on choisit convenablement la matière première, ne renfermer que 1 à 2 pour 100 de silice et tout autant de chaux; c'est donc un produit à 96 ou 97 pour 100 de pureté, ce qui est plus que largement suffisant pour la métallurgie.

Pour en revenir aux produits magnésiens de M. Closson, qui sont sous vos yeux, ils ont été obtenus de la manière suivante : la magnésie grossièrement moulée a été calcinée à haute température et a fourni tout son retrait; on l'a ensuite pulvérisée (les grosseurs de grains sont un point important de la fabrication), moulée dans des moules en tôle, absolument comme les produits réfractaires ordinaires; on a fait subir une deuxième cuisson.

En employant une température suffisamment élevée pour la calcination, on fabrique des produits qui ne prennent plus de retrait sensible et par conséquent qui peuvent présenter les formes les plus diverses, telles que les tuyères, pour Bessemer, et les creusets que vous avez sous les yeux.

L'impossibilité d'obtenir un mortier avec de la chaux caustique et de l'eau, à cause de l'action chimique de l'hydratation, avait conduit M. Riley, de Londres, à faire des briques en dolomie cuite et goudron ou pétrole.

Les recherches de M. Walrand, au Creusot, ont amené une forme plus pratique de l'emploi de ce mortier hydrocarburé, c'est le *pisé de dolomie* que l'on n'a pas besoin de transformer en briques.

On peut dire que le premier progrès important réalisé depuis le mois de mai 1879 dans l'invention si remarquable de MM. Thomas et Gilchrist, a été le *frittage de la dolomie* et l'emploi direct du *pisé au goudron.*

Le frittage de la dolomie est autre chose que la cuisson simple de la pierre calcaire, c'est un grillage à haute température de la matière déjà calcinée.

On réalisa primitivement cette opération dans des fours Siemens; mais comme on faisait simultanément la cuisson de la pierre et son frittage, c'était dispendieux; le four à récupération de chaleur étant surtout disposé pour obtenir économiquement les hautes températures.

On opère généralement au cubilot.

La consommation de coke par tonne de dolomie frittée varie, suivant M. Thomas, de 750 à 1,050 kilogrammes, et il admet 800 kilogrammes en moyenne. Ce coke doit être peu chargé en cendres pour éviter l'agglomération. La masse frittée est pulvérisée en un mélange de gravier et de fin, et on y ajoute 10 pour 100 de goudron. Il doit, au préalable, avoir été débarrassé de son eau par l'ébullition; autrement celle-ci ne tarderait pas à faire fuser la masse. Le mortier ou pisé de goudron et de dolomie frittée pour déphosphoration peut coûter, en France, de 40 à 50 francs la tonne.

Le pisé de magnésie, permettant d'éviter les nombreux inconvénients du goudron, sera bien plus avantageux et devra être universellement employé, quand le prix de cette matière sera devenu réellement pratique, comme le font espérer les nouveaux procédés.

Les différentes parties qui composent le convertisseur doivent être cuites séparément. Le goudron, dont elles sont imprégnées, se brûle et laisse un ciment de carbone qui donne de la solidité à la masse.

Quand une réparation, plus ou moins importante, est faite en employant du pisé au goudron, on chauffe le convertisseur sur place. On le renverse, on enlève le fond, on fait une grille en dessous du bec et on y allume un feu de séchage.

Les fonds sont la partie qui s'use le plus; on est donc appelé souvent à les remplacer. On faisait autrefois, et on fait encore dans quelques usines,

des trous servant de tuyères; mais actuellement on préfère employer des tuyères en terre siliceuse ordinaire, que le refroidissement constant par l'air empêche de fondre. Hœrde, où l'on commence à employer les briques de magnésie, fait aussi des fonds d'une seule pièce avec la même matière.

La *nature des fontes* que l'on traite au procédé basique peut varier entre des limites assez larges pour chacun des éléments.

La fonte est généralement blanche et renferme de :

0,5	à	1 pour 100	de silicium,
0	à	1,5	de manganèse,
0,05	à	0,15	de soufre,
1,2	à	2,5	de phosphore.

Le *silicium* est considéré comme nuisible, car il se transforme en silice, qui se porte de préférence sur les parois dont la température est plus élevée que les additions de chaux que l'on fait. Le silicium produit donc beaucoup de scorie et refroidit l'opération basique, tandis que dans l'opération acide, c'est la source principale de chaleur.

Le *manganèse* doit être en assez grande quantité pour qu'au haut fourneau il puisse faciliter le départ du soufre. Il sert, également, à absorber une partie de l'oxygène qui, dans le soufflage et le sursoufflage, ne se serait pas porté sur le phosphore et pourrait produire de l'oxyde de fer en excès. Si la fonte renferme de 1 à 1,5 pour 100 de manganèse, le soufre s'éliminera dans la proportion de 60 pour 100, tandis qu'il n'y aurait, sans manganèse, qu'une élimination de 25 à 30 pour 100.

Le *soufre* est un élément très nuisible dans l'acier et il importe qu'il y en ait le moins possible dans la fonte. Quand on refond celle-ci au cubilot, on peut, en ajoutant 8 pour 100 de spiegel, 8 pour 100 de chaux et 4 pour 100 de spath fluor, éliminer les 80 pour 100 du soufre et, cela, que le cubilot soit à garnissage basique ou autre.

Le *phosphore* est demandé, puisqu'il a remplacé le silicium, comme élément calorifique. Il en faut au moins 1 pour 100. Si la proportion était supérieure à 2,5 pour 100, le sursoufflage serait trop prolongé.

La fonte, pour le procédé basique, doit donc être à la fois peu siliceuse et peu sulfureuse. Il y a là, au point de vue pratique, une difficulté qu'on ne peut méconnaître, quand on n'a que des combustibles sulfureux à sa disposition et que l'on désire prendre la fonte directement au fourneau. Si l'on veut éviter le soufre, il faut faire des fontes grises avec des laitiers calcaires; mais alors on fait des fontes chères et trop siliceuses. On est entre deux écueils que l'on ne peut éviter qu'en mettant du manganèse dans le lit de fusion, *ce qui est cher*, ou en opérant des mélanges de fontes et passant par la fusion au cubilot, *ce qui est encore plus cher*.

L'*opération basique* se conduit actuellement de la manière suivante: le convertisseur étant chaud, on commence par y introduire de la chaux récem-

ment cuite et encore chaude, en proportion telle que la scorie obtenue ait 12 à 15 pour 100 au plus de silice; ce qui correspond, en général, à 15 ou 20 pour 100 du poids de la fonte. Cette chaux ne doit renfermer ni humidité, ni acide carbonique, autrement il se produirait des projections. On a renoncé à l'oxyde de fer, qui rendait l'opération tumultueuse.

On introduit alors la fonte; on la prend directement au fourneau, c'est ce qu'on appelle opérer en *première fusion*, comme au Creusot ou à Eston; mais le plus généralement elle provient d'un cubilot où l'on a fait le mélange convenable. L'adjonction de spiegel au cubilot a le double avantage d'éliminer la majeure partie du soufre et presque tout le silicium tout en incorporant du manganèse.

La *première période* ou *combustion* du *silicium*, ne joue qu'un rôle secondaire. Pas de flamme; des étincelles qui disparaissent au bout de deux à trois minutes.

La *deuxième période* ou *décarburation* ne dure guère que six à huit minutes; elle est accompagnée d'une flamme croissante, mais qui n'est jamais bien abondante. Une partie du phosphore commence à s'éliminer au fur et à mesure que la température s'élevant, la scorie devient plus basique par l'incorporation de la chaux.

La *troisième période* ou *sursoufflage* est la déphosphoration proprement dite. Elle commence au moment où la décarburation étant finie, on arrive à l'ancien point d'arrêt des opérations acides ordinaires. Le sursoufflage fait reparaître la flamme, qui est accompagnée de fumées rousses d'oxydes de fer et de manganèse. Au bout de deux à trois minutes on arrête le vent, on couche le convertisseur, on prend une éprouvette qu'on forge et qu'on casse pour en voir le grain. Si la déphosphoration est insuffisante on relève et on donne du vent. En général, un tâtonnement suffit. On fait alors écouler le laitier, puis on ajoute du spiegel, ou du ferromanganèse, de préférence dans la poche de coulée, pour éviter la rephosphoration par l'oxyde de carbone agissant sur la scorie.

Produits obtenus. D'une manière générale, on opère sur des fontes peu siliceuses; il en résulte que l'acier produit renfermant peu ou point de silicium, les lingots sont assez souffleux. Si l'acier est dur, les soufflures sont très près de la surface, ce qui, lorsqu'il y a du soufre en quantité notable, peut amener des déchirures pendant le laminage. Si l'acier est doux, ces soufflures sont plutôt localisées dans l'intérieur des lingots et sont sans inconvénient dans l'étirage.

L'*acier dur* s'obtient en ajoutant du spiegel. Il en faut, à égalité de teneur en manganèse et à égalité de dureté voulue, un tiers de plus que dans la fabrication ordinaire. — En général, on fait peu d'acier dur par le procédé basique, plutôt de peur de ne pas résister à la sévérité des épreuves au choc, que par impuissance de fabrication. En Allemagne d'ailleurs, on préfère les rails doux, et en Angleterre, où on voudrait avoir des rails durs, on stipule des essais au choc, qui conviennent surtout à l'acier doux.

L'*acier doux* se fait facilement en employant de la fonte un peu manganésée pour éviter l'oxydation au sursoufflage. On ajoute du ferromanganèse. On arrive ainsi à obtenir un métal d'une douceur qu'on n'avait pu réaliser encore avec les fontes les plus pures; le métal rompt à 35 kilog. par millimètre carré et s'allonge de 30 à 35 pour 100. — On peut le paqueter comme du fer, il se soude très convenablement. Il y a là une propriété très importante qui devra, sans nul doute, créer une rivalité entre le fer supérieur et ce nouveau produit.

La *théorie de l'opération basique* commence à s'éclairer, mais on ignore encore si, dans la scorie, l'acide phosphorique est combiné à la chaux ou à l'oxyde de fer.

La déphosphoration n'a lieu, réellement d'une manière notable, qu'après la décarburation : en effet, l'acide phosphorique de la scorie se réduit facilement sous l'action de l'oxyde de carbone et repasse dans le métal. Cependant, nous voyons la déphosphoration sur sole, dans le procédé Krupp, s'effectuer, au contraire, avant la décarburation. — Pour que la déphosphoration ait lieu, il faut que la scorie soit suffisamment basique et bien liquide. C'est ce qui se passe dans le procédé Krupp, dès le début de l'opération. Au Bessemer, au contraire, la scorie qui se produit, ne provient que de la combustion du silicium de la fonte donnant de la silice, qui se combine à l'oxyde de fer toujours en présence. Quant aux bases empruntées à l'addition de chaux ou aux parois de l'appareil, elles ne se dissolvent que lentement dans la scorie qui ne devient que plus tard assez basique pour être déphosphorante.

Si, par un artifice, on communique de la fluidité à la scorie initiale du Bessemer, on obtient une déphosphoration très importante. En ayant soin d'évacuer cette scorie au début de la décarburation, on empêche la rephosphoration du métal et on constate, en effet, que la période de sursoufflage est considérablement diminuée. C'est ainsi que M. Helmholtz, par son addition de chaux et de fluorure de calcium, est arrivé à déphosphorer au Bessemer pendant la combustion du silicium.

On a cherché à utiliser les 8 à 10 pour 100 d'acide phosphorique que renferment les scories du procédé Thomas-Gilchrist.

La difficulté avec laquelle ces scories se délitent sous les actions atmosphériques et leur insolubilité dans l'eau chargée d'acide carbonique, ont empêché l'emploi direct en agriculture. On a proposé de pulvériser cette scorie, de dissoudre les phosphates qu'elles renferment par de l'acide chlorhydrique, de précipiter par de la dolomie cuite l'acide phosphorique à l'état de phosphate de fer et de magnésie. En traitant, sur la sole d'un four, ce phosphate par du sulfate de soude et du charbon, on obtient du phosphate de soude et de magnésie et de l'oxyde de fer, tandis qu'il se dégage des acides sulfureux et sulfurique que l'on peut utiliser pour la dissolution.

Nous dirons peu de mots des prix de revient comparés de l'acier Bessemer ordinaire et de l'acier Thomas-Gilchrist. M. Walrand admet 100 francs

pour le prix de la fonte Bessemer et 52 francs pour la fonte Thomas. Il arrive ainsi à un écart de 47 francs par tonne de lingots. — En Angleterre, l'écart de prix entre les deux fontes est de 20 shillings ou 25 francs et on comprend alors qu'il n'y ait pas un avantage énorme à employer la déphosphoration dans ce pays.

Il faut compter en Prusse Rhénane un écart de 26 francs par tonne, mais on n'opère pas encore avec tous les perfectionnements désirables ; et, d'ailleurs, avec les droits d'entrée sur les fontes pures, celles-ci, si elles étaient produites dans le pays, hausseraient certainement de prix, si on n'employait pas la déphosphoration ; l'écart doit donc être considéré comme notablement plus grand.

En France, il est difficile de donner des chiffres ; le seul établissement qui applique actuellement la déphosphoration, se trouvant dans des conditions économiques peu favorables pour faire des fontes pures et dans une situation relativement bonne pour la production des fontes phosphoreuses, sans cependant être aussi bien placé que l'usine de Meurthe-et-Moselle, dont on attend avec intérêt la mise en marche.

La *déphosphoration* sur sole a joué, jusqu'à présent un rôle très secondaire, comparativement à l'emploi du convertisseur Bessemer. Elle ne peut constituer une industrie principale que dans des cas très restreints puisque ce mode de fusion et d'affinage est toujours plus coûteux que l'autre.

Après avoir été niée de la façon la plus péremptoire par certains métallurgistes, la déphosphoration sur sole n'a encore réussi que dans notre pays ou dans des usines étrangères, dirigées par des ingénieurs français.

Plusieurs conditions doivent être remplies :

1° Garnissage basique ;
2° Scorie rendue basique par des additions ;
3° Oxydation du bain, équivalant au sursoufflage du Bessemer.

Le garnissage basique de la sole se fait avec les mêmes éléments que pour le Bessemer, mais il y a une difficulté spéciale, c'est le contact de la sole avec la voûte, qui est généralement formée d'éléments siliceux. — La meilleure solution est une sole mobile analogue à celle du four Pernot ; le joint d'air entre les pieds-droits siliceux et la sole basique résout simplement la question de l'emploi simultané des matériaux siliceux et basiques dans le même four, tandis que la rotation produit une agitation favorable à l'élimination du phosphore.

En dehors de cette manière de faire, il y a des artifices plus ou moins

heureux, qui sont fondés sur l'emploi de matériaux réfractaires mixtes ayant peu d'affinité pour la silice ou la dolomie et que l'on place, dans les fours fixes au contact de la sole et des pieds-droits de la voûte. Nous citerons, par exemple, la bauxite et certains oxydes de fer ou composés ferrugineux qui sont attaqués difficilement par la chaux et la silice. On emploie aussi des réfrigérants ou courants d'air. La sole, proprement dite, ne présente aucune difficulté. On la forme en briques de dolomie ou de calcaire calcinés ou en magnésie; ou bien on dame du pisé de dolomie frittée et de goudron.

La solution complète serait de faire tout le four en magnésie.

Les premiers essais de déphosphoration sur sole avaient été conduits de la manière suivante : on fondait le mélange de fonte et de riblons sous une action oxydante et on ajoutait au bain du carbonate de chaux et du minerai de fer. Mais la déphosphoration, au contact de cette scorie basique ainsi formée, ne marchait qu'avec lenteur, ce qui aggravait les frais de fabrication.

M. J. Garnier est l'auteur d'une variante, qui a été mise en pratique avec succès par M. Chalmeton dans les fours Martin Siemens, de l'usine d'Aubin, et aux fours Pernot, des aciéries de Saint-Chamond. Cette méthode consiste simplement à établir, sur la sole et à chaque opération, une fausse sole en calcaire cru surmonté de minerai de fer. On charge ensuite le mélange de fonte et de riblons, et l'on fond sous courant d'air. Les gouttelettes de fonte tombant sur l'oxyde de fer s'affinent avec une grande énergie, en faisant jaillir des étincelles; et, quand le métal est en partie fondu, le dégagement d'acide carbonique commence. Ce gaz brasse et oxyde le bain à travers lequel la chaux et l'oxyde s'élèvent à leur tour, entraînant la majeure partie du phosphore et de la silice de la fonte.

Avec un bain à 5 millièmes de phosphore et 25 millièmes de silicium on a obtenu, par simple fusion, de l'acier pour rails avec 1 millième environ de phosphore.

L'opération pour rails, où un peu de phosphore ne nuit pas, a été conduite à Aubin, sans aucun décrassage, et on a remarqué que la rephosphoration par l'addition finale du ferro-manganèse n'avait pas lieu, ce qui s'expliquerait par la faible épaisseur de la couche de scorie.

De plus, les fours qui ne consommaient que de la fonte fine produisaient en vingt-quatre heures 13 tonnes d'acier; tandis que marchant avec les fontes phosphoreuses et siliceuses de Mondalazac, la production s'est élevée à 16 tonnes. Ce résultat s'explique par l'action énergique du minerai de fer et de l'acide carbonique.

Un procédé très analogue est rapporté par M. Walrand, comme ayant été employé par lui à Huta-Bankowa (Pologne-Russe). Il prolonge, autant que possible, la période de fusion; la déphosphoration commence, il décrasse le bain et enlève le restant du phosphore par une addition d'oxyde de fer ou de riblons oxydés.

Le mélange :

Fonte blanche.....	1000	kilogr.
Chaux et carbonate de chaux....	600	—
Oxyde de fer.....	400	—

donne les résultats suivants :

Phosphore :	Avant fusion.....	2,70
—	Après fusion.....	0,30
—	A la fin de l'opération.....	0,04

En général, on traite des matières moins phosphoreuses, ayant au plus 1 pour 100 de cette impureté.

Quand le bain a atteint le poids désirable et le degré voulu de déphosphoration, on fait un décrassage final; on ajoute un peu de chaux pour couvrir le bain, puis a lieu l'addition de spiegel et de ferro-manganèse.

L'avantage de l'opération sur sole basique, c'est de donner un métal excessivement doux, renfermant beaucoup moins de silicium et de phosphore qu'avec les méthodes ordinaires. La résistance à la traction tombe jusqu'à 35 kilogrammes par millimètre carré, mais l'allongement pour 100 s'élève à des proportions inconnues jusqu'alors. Pour l'utilisation des vieilles matières phosphoreuses, par leur transformation en *fer fondu extra doux*, la fusion sur sole est certainement destinée à sortir des limites restreintes de son emploi actuel.

Il nous reste à indiquer l'état actuel de la déphosphoration, au point de vue des quantités produites.

En Angleterre et en France, le procédé n'est appliqué que par une seule usine, et les renseignements certains font défaut.

En Allemagne, on fait, à *Rotheerde*, près d'Aix-la-Chapelle, 110 tonnes par jour avec deux convertisseurs de 5 tonnes et un de 8 tonnes.

A *Ruhrort*, 120 tonnes par jour avec deux convertisseurs de 6 tonnes.

A l'*Union* de Dortmund, 150 tonnes par jour avec deux convertisseurs de 10 tonnes.

A *Hörde*, 70 tonnes par jour avec deux convertisseurs de 4 tonnes.

En Belgique, à *Angleur*, près de Liège, 65 tonnes par jour avec quatre convertisseurs de 6 tonnes.

La durée des fonds de convertisseurs est de seize opérations en moyenne. La consommation de dolomie est de 70 kilogrammes par tonne d'acier.

Ces chiffres parlent d'eux-mêmes et montrent suffisamment que la déphosphoration, dans les pays où elle rencontre des conditions favorables, est sortie des tâtonnements et des essais pour entrer largement dans la période pratique.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Gautier de son intéressante communication.

MM. Bertrand, Chevalier, Diésel, Delpeuch, Desgrandchamps, Hervier, Harrand, Leprêtre, Sainte-Claire Deville et Verdeaux ont été reçus membres sociétaires, et M. Lavalard, membre associé.

La séance est levée a onze heures.

Séance du 17 Février 1882.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE TRÉLAT.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 3 février est adopté.

M. LE PRÉSIDENT annonce la nomination, comme chevalier de la Légion d'honneur, de M. Armengaud jeune.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer la mort de M. le baron de Burg. Il ne saurait mieux faire, en cette circonstance, que de donner lecture d'une lettre qu'il a reçue de M. Gottschalk, notre ancien Président, lettre où sont exprimés, au sujet de cet homme éminent, des sentiments qui seront partagés par toute la Société.

« Mon cher Président,

« Il y a un an à peine, nous avions l'honneur, avec vous et notre collègue et ami Desgrange, de présenter à la Société, qui la ratifiait, la nomination de M. le baron de Burg, vice-président de l'Académie des Sciences de Vienne, comme membre honoraire de notre Société.

« Cet homme de bien, toujours sympathique à la France et qui nous avait fait à tous le meilleur accueil, en Autriche, vient de s'éteindre, le 1er février dernier, à l'âge de 85 ans.

« Je n'entreprendrai pas de vous dépeindre son existence si bien remplie; mais nous ne pouvons laisser passer cet événement, sans exprimer notre juste tribut d'admiration pour ce savant aussi modeste que remarquable, pour ce savant infatigable qui travaillait encore le jour de sa mort, et dont l'activité reste un des meilleurs exemples de ce que peut produire le devoir accompli.

« M. le baron de Burg, né à Vienne, le 28 janvier 1797, avait débuté par la pratique, dans l'atelier de son père, qui était, au commencement du

siècle, mécanicien de la Cour impériale d'Autriche. C'est de là qu'il partit, en 1812, pour faire ses études à l'Université et à l'École polytechnique de Vienne, pour devenir successivement professeur de mathématiques et de mécanique, directeur de la même École, membre du Jury ou rapporteur de toutes les Expositions universelles, à dater de l'Exposition de Paris, en 1844 ; docteur en philosophie, baron par suite de sa décoration de la couronne de fer de 2e classe, membre de l'Académie des Sciences qui le nommait, en 1879, son vice-président, et enfin, membre de la Chambre des seigneurs d'Autriche.

« Membre correspondant ou honoraire d'un grand nombre de Sociétés savantes d'Europe, M. le baron de Burg possédait les plus hautes distinctions et décorations parmi lesquelles celle de commandeur de la Légion d'honneur.

« Auteur de plus de soixante ouvrages ou écrits sur les sujets les plus variés de la science, M. le baron de Burg a publié, de 1824 à 1880, divers travaux remarquables, parmi lesquels on cite ses ouvrages de mathématiques élémentaires et transcendantes, ses écrits populaires sur la mécanique et la construction des machines, et enfin ses discours, notamment celui qu'il fit, en 1856, à l'Académie des Sciences de Vienne, et qui traitait de l'influence exercée par la mécanique sur l'existence sociale.

« Pendant quarante-cinq ans qu'il resta professeur et directeur de l'École polytechnique de Vienne, M. le baron de Burg forma de nombreux élèves qui perdent, en lui, non seulement un maître bienveillant et respecté, mais un ami sincère et un protecteur éclairé. Tous ceux qui l'ont personnellement connu, partageront les sentiments de tous nos Collègues autrichiens, et notre Société ne restera certainement pas insensible à la perte que fait la science de l'ingénieur, dans la personne du vénérable baron de Burg.

« Veuillez agréer, mon cher Président, etc., etc.

« GOTTSCHALK. »

M. LAVALARD donne lecture de son Mémoire sur les tramways en Italie. Après avoir présenté quelques considérations générales sur ce sujet, il signale les tramways à vapeur de Milan employés comme chemins de fer d'intérêt local, comme chemins de fer économiques.

M. LAVALARD insiste sur les développements que prennent chaque jour l'établissement des tramways à vapeur sur les routes provinciales en Italie; le but de ces tramways, qui devaient d'abord être à traction de chevaux, a été de relier aux grandes artères des voies ferrées les communes non encore desservies, de relier entre elles plusieurs communes, et au besoin de relier les usines avec les grands centres. Ce but ne pouvait être atteint par l'établissement de chemins de fer ordinaires, à cause de leur construction coûteuse et de leur exploitation trop onéreuse pour des transports

aussi peu importants. Les villes du nord de l'Italie ont trouvé une solution dans l'emploi des tramways sur l'accotement des routes provinciales. Elles ont établi ainsi à très bon marché de nouvelles voies de communications qui ont apporté aux vraies lignes de chemins de fer un grand nombre de voyageurs et de marchandises.

M. LAVALARD donne des détails sur les frais d'exploitation et fait ressortir l'avantage de ces lignes économiques comprenant aujourd'hui, en Italie, plus de 800 kilomètres de voie ferrée et desservant la plus grande partie de la Lombardie.

En terminant, M. Lavalard fait remarquer que c'est l'industrie privée qui seule a suffi à l'établissement et à l'exploitation de ces chemins de fer économiques. Elle n'a réclamé de la part de l'État ni subvention, ni garantie d'intérêt. Les Italiens ont compris tout le parti qu'on pouvait tirer des routes (dites provinciales) pour l'établissement de tramways à vapeur ou plutôt de voies ferrées économiques. Les tramways comme ceux de la Lombardie ne demandent que très peu de capitaux, et les départements aussi bien que les communes n'auraient pas besoin de s'imposer de grands sacrifices pour les utiliser.

Le mémoire de M. Lavalard sera imprimé *in extenso* dans le bulletin du mois de février. Les membres qui auraient besoin de le consulter pour prendre part à la discussion qui doit avoir lieu sur cette question, pourront se procurer des épreuves de ce mémoire au siège de la Société.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Lavalard de sa communication. Il propose d'en remettre la discussion, en raison de l'intérêt qu'elle présentera, non pas à la prochaine séance, mais à la séance du 17 mars.

M. LE PRÉSIDENT. A l'occasion de la discussion sur la communication de M. Cotard, j'ai invité à assister à la séance quelques ingénieurs des ponts et chaussées de haute compétence dans les questions d'hydraulique fluviale. Je prie MM. Schlemmer, Boulé, Fournié, Cheysson, Lemaire, qui ont bien voulu répondre à cette invitation, de venir s'asseoir sur l'estrade et j'espère qu'ils voudront bien prendre à l'occasion la parole sur ce sujet.

M. CHRÉTIEN demande s'il n'y aurait pas lieu, avant d'entamer cette discussion, de mettre à l'ordre du jour de la prochaine séance, une étude sur le projet de chemin de fer métropolitain dans Paris, qui est déjà à l'enquête. Il fait observer que cette question est pleine d'actualité, et qu'il y aurait intérêt pour la Société de l'étudier avant la clôture de l'enquête, qui n'a qu'un mois de durée.

M. LE PRÉSIDENT fait savoir que le bureau s'est déjà préoccupé de la question, et qu'une communication sur ce sujet sera très prochainement mise à l'ordre duj our.

M. QUÉRUEL désirerait faire une observation relativement à l'annonce, dans les procès-verbaux, des questions à traiter en séance. Il rappelle que,

de tout temps, on indiquait, à la suite des communications à l'ordre du jour, celles qui étaient inscrites pour prendre rang, et arriver à leur tour à être présentées en séance. Il fait remarquer que cette indication, très utile, a été supprimée depuis quelque temps, et il demande s'il ne serait pas possible de la rétablir, afin que les membres de la Société fussent prévenus à l'avance des questions qui devront être traitées ultérieurement.

M. LE PRÉSIDENT dit que l'on peut donner satisfaction à M. Quéruel, mais que cette indication des communications à venir est tout à fait indépendante de l'ordre du jour, et ne peut être considérée que comme un simple renseignement sur les travaux offerts par les auteurs.

M. LE PRÉSIDENT dit que l'ordre du jour appelle la discussion sur la communication de M. Cotard : *Théorie générale de l'aménagement des eaux considérée dans ses applications aux travaux d'amélioration de la navigabilité des cours d'eau.* Il donne la parole à M. Hauet, en le priant de faire connaître, eu égard à l'étendue considérable du sujet et à la division naturelle que M. Cotard y a indiquée, s'il désire traiter la question d'ensemble, ou un point particulier de cette communication.

M. HAUET rappelle que M. Cotard, dans sa communication, avait attaqué très vivement l'esprit qui a présidé aux travaux d'amélioration du Rhône et la méthode suivant laquelle ils ont été conçus ; il avait donc demandé la parole pour répondre aux critiques dont les ingénieurs de l'État ont été l'objet dans cette séance, et protester contre une tendance qui lui paraît fâcheuse au sein de la Société, celle de juger défavorablement, de parti pris, les travaux exécutés par les ingénieurs chargés des services publics. Depuis lors, il a paru à l'*Officiel* deux circulaires ministérielles qui semblent donner raison aux auteurs de ces critiques, et, par suite, M. Hauet croit inutile de persévérer dans sa première intention ; il désire seulement dire quelques mots au sujet de la question dont on s'occupe en ce moment.

M. Cotard nous a présenté une théorie générale de la formation des cours d'eau. M. Hauet croit que, pas plus qu'il n'y a de question sociale, il ne saurait y avoir de théorie générale des fleuves et des rivières. Il y a des problèmes divers ayant entre eux une certaine corrélation, mais comportant des solutions qui peuvent différer. L'hypothèse émise par M. Cotard peut parfaitement avoir été vraie à une époque de l'histoire du monde, qu'il n'a pas fixée d'ailleurs, mais elle peut tout aussi bien ne l'avoir jamais été. M. Hauet n'a pas été convaincu par les savantes déductions qu'il en a tirées, et pense que lui-même ne les considère que comme les prolégomènes de l'importante discussion qu'il a soulevée, et la preuve en paraît être qu'il s'est attaché finalement à la question du Rhône. Chaque fleuve doit être étudié à part, au point de vue des services divers qu'il peut rendre. Pour la navigation, les ingénieurs officiels semblent, jusqu'à présent, avoir négligé un élément essentiel, l'amélioration, le perfectionnement, la transformation du bateau, qui ont été laissés complètement à l'initiative privée. M. Hauet cite, comme fait tout récent, annoncé par un journal et qu'il ne donne, par

suite, que sous toute réserve, qu'une compagnie particulière vient d'essayer avec pleine réussite sur le Rhône, un bateau écluse de grande dimension et d'un faible tirant d'eau ; si le fait est exact, il est certain que cette innovation pourra modifier les idées admises au sujet de la navigation sur ce fleuve.

Mais le Rhône présente plusieurs problèmes ; est-ce que, entre Lyon et Arles, il se retrouve dans les mêmes conditions qu'entre Arles et la mer ? Est-ce que la suppression de la barre à l'embouchure a été résolue par la création du canal Saint-Louis et l'exécution de ses travaux ? Travaux que l'on dit magnifiques parce que les terrassements et les maçonneries qu'ils comportent ont présenté de grandes difficultés, alors que l'on devrait réserver ces qualifications pour des ouvrages dont l'utilité serait reconnue incontestable.

M. Hauet s'arrête, ne voulant pas traiter la question, mais seulement faire une proposition qu'il a déjà eu l'honneur de présenter, sans succès d'ailleurs, au sujet des ports. Il demande que la Société veuille bien nommer une commission spéciale en vertu de l'article 23 du règlement, à l'effet de chercher à élucider l'utilisation du Rhône, comme navigation, irrigation, etc., celle de la Seine, et aussi celle d'un fleuve d'Algérie, la Seybouse ou le Saf-Saf.

M. Hauet pense que, vu le nombre de membres remarquables de la Société qui se sont occupés de l'étude de nos grands fleuves, cette commission serait facile à former.

M. le Président fait remarquer à M. Hauet que sa proposition n'est pas à l'ordre du jour de la présente séance. On pourrait, sans doute, procéder comme l'indique M. Hauet, bien que cet usage ne soit pas entré dans les traditions de la Société ; mais la formation d'une commission ne pourrait venir, dans tous les cas, qu'après la discussion et à la suite du désir exprimé par les membres qui y auront pris part, d'étudier la question par un examen plus approfondi. Pour le moment, M. le Président croit devoir se renfermer dans l'ordre du jour, et invite les personnes qui désirent prendre la parole à entrer de suite dans le sujet.

M. Flachat, en abordant la discussion du travail de M. Cotard, déclare qu'il ne se propose pas d'apporter de nouveaux éléments dans cette discussion, et demande la permission de signaler les conclusions du mémoire comme plaçant exactement la question sur son véritable terrain. Son auteur s'est proposé de traiter l'ensemble de ce qui concerne l'aménagement des eaux, et rappelle, dans ses conclusions, tout ce qui touche au régime des rivières, depuis leur source dans les montagnes, jusqu'au point où elles peuvent être utilisées, soit à l'irrigation, soit à l'industrie sous toutes ses faces, soit enfin à la navigation. De l'amélioration du régime de ces rivières doit résulter naturellement l'amélioration du sol, la diminution des fléaux des inondations ou des sécheresses, et l'utilisation des parties incultes du territoire.

M. Flachat donne lecture de plusieurs passages du mémoire de M. Co-

tard qui montre combien l'étude du régime des eaux a manqué jusqu'ici d'unité, et combien cette unité serait nécessaire pour mettre d'accord les intérêts en apparence si opposés des usines hydrauliques de l'agriculture et de la navigation.

La divergence va même plus loin : « Parmi les agriculteurs les uns réclament de l'eau pour leur arrosage, tandis que les autres se plaignent d'en avoir trop. Ceux-ci creusent des fossés d'écoulement ou dessèchent des étangs, sans songer qu'en hâtant ainsi la chute des eaux, ils s'exposent à souffrir de la sécheresse, » et, faut-il ajouter, modifient considérablement le régime des eaux en aval.

Ainsi, de l'énumération de ces intérêts divers, ressortent d'évidentes contradictions entre eux. Qui les départagera ? Qui, dans l'état actuel de notre organisation administrative, a pour attributions de connaître du régime d'un cours d'eau et de ses affluents, depuis leur source, jusqu'à la mer ? Personne, assurément, en dehors du conseil des ministres ; et bien que chacun des intérêts auxquels touche la question de l'aménagement des eaux ait ses défenseurs éclairés et autorisés, aucune institution, mieux que celle des ingénieurs civils, n'est à même d'embrasser toutes ces questions d'un coup d'œil, et d'indiquer l'attribution à faire à chacun de ces intérêts particuliers, d'une part rationnelle, et profitable aux intérêts généraux du pays.

C'est ainsi que M. Cotard ajoute, sans qu'une protestation puisse s'élever : « Les forestiers, préoccupés seulement de la conservation de leurs hautes régions, regardent leur mission comme terminée quand ils sont parvenus à empêcher les torrents de raviner le sol ; ils disent alors que ces torrents sont *éteints*, et ils ne s'inquiètent plus des masses d'eau qui continuent à se précipiter dans les plaines. »

Le service des forêts constitue, en effet, une branche séparée de l'administration ; et, bien que le reboisement des montagnes soit pour le régime des eaux une question primordiale, puisque c'est dans les montagnes que prennent leur source et s'écoulent le plus rapidement, les ruisseaux dont la réunion porte, plus loin, la dévastation dans les plaines, le forestier n'a pas à étudier l'aménagement des eaux dans ces plaines, ni même les modifications apportées par les reboisements, soit sur le régime des eaux, soit sur le climat des pays boisés.

Si, de la partie supérieure des cours d'eau, M. Cotard descend dans leur partie inférieure, il constate ce défaut d'ensemble : « Les riverains des cours d'eau de plus en plus menacés, doivent alors s'abriter derrière des digues qu'il faut élever sans cesse ; » et il ajoute excellemment : « Tous ces intérêts, qui paraissent opposés, sont cependant solidaires, et s'ils n'ont reçu, jusqu'à présent, qu'une satisfaction insuffisante, c'est que les questions qu'ils comportent ont été isolées les unes des autres, etc.

De ce résumé rapide on doit conclure que pour donner à cette étude le cachet d'ensemble qui paraît lui être indispensable, il convient de procéder par ordre, et de traiter en premier lieu l'amélioration des cours

d'eau à leur origine. Cette amélioration a été, depuis quelques années, l'objet de vives et intelligentes préoccupations, de nombreux crédits y ont été affectés; et les résultats obtenus sont déjà fort appréciables. De tous les travaux faits dans ce but, quelques-uns n'ont certainement pas échappé à l'attention des membres de la Société. Le chalet de l'Exposition forestière construit au Trocadéro contenait, en 1878, de nombreux plans en relief où les travaux entrepris, principalement dans les Hautes et Basses-Alpes et le Puy-de-Dôme, étaient mis en évidence d'une manière qui parlait à tous les yeux.

Ces travaux sont des plus intéressants, et bien que, jusqu'à présent, on ne s'en soit que très rarement occupé dans cette enceinte, M. Flachat demande la permission d'expliquer rapidement la marche générale suivie dans les travaux de reboisement : le premier travail consiste en un simple clayonnage pour arrêter la terre sur la pente rocheuse sur laquelle aucune végétation ne saurait prendre racine; ces clayonnages sont formés par des piquets, avec de l'osier ou autres brindilles, et ce système très économique permet d'obtenir un premier gazonnement. Après cette opération préliminaire, le mal est enrayé, les pentes étant gazonnées, l'eau ne les ravine plus, et on peut y piquer des saules, des peupliers, ou, suivant les régions, y semer des graines d'arbres résineux.

L'influence de ces reboisements est considérable, non seulement sur le régime des eaux, mais sur le climat général de ces montagnes, qui se trouve complètement transformé, l'humidité revient à cette terre, qui pourrait, à la longue, se couvrir de gazons ou de forêts de proche en proche, grâce au calme relatif obtenu dans les influences atmosphériques. Les arbres à feuilles caduques, les chênes, les hêtres, n'ont pas, comme les arbres à feuilles persistantes : pins, épicéas, et sapins, l'avantage de retenir les eaux toute l'année; mais leurs branches résistent mieux aux violentes tourmentes de neige, et les taillis garantissent le sol de plus près. Lorsque les reboisements ont acquis une certaine force et couvrent le sol comme d'un parapluie spongieux, les feuilles des arbres, agissant comme absorbant, retiennent la pluie en régularisant sa chute et son écoulement sur le sol, et, par ce fait, le régime général des eaux se trouve profondément modifié. Il résulte donc de cet exposé que le pays situé au-dessous aura une allure différente suivant que la contrée supérieure sera boisée ou ne le sera pas, et que le régime des rivières dans les pays de plaine sera en corrélation directe avec l'état du sol des parties élevées de leurs bassins; par suite, les modifications apportées aux cours des fleuves pour l'amélioration de leur navigabilité pourront être très différentes et conduire à des solutions opposées suivant que les contrées montagneuses d'où proviennent les eaux de ces fleuves auront ou n'auront pas été reboisées. Avant donc d'étudier les modifications à apporter dans la partie basse des rivières, il faut bien connaître leur partie haute, et savoir dans quelle mesure leurs apports de matériaux divers peuvent être modifiés.

M. Flachat peut citer comme exemple le cours de la Dordogne, qu'il a

été à même de parcourir presque d'un bout à l'autre. Dans les parties hautes, profondément encaissées, des blocs énormes de rochers descendent des hauts plateaux sur les flancs qui ne sont pas protégés par des forêts; et le fleuve roule, dans les jours d'orage, des pierres de plus de 100 kilog. Plus bas, à la hauteur d'Argentat, les cailloux roulés sont de la grosseur des galets de la côte de la Manche; tandis qu'à Libourne, on ne trouve guère que du sable. Ce sable vient évidemment de la pulvérisation des galets, roulés les uns contre les autres, comme les galets proviennent eux-mêmes des fragments de blocs entraînés en amont.

Certaines rivières reçoivent des apports tellement abondants que l'on a construit des digues, qui s'élèvent graduellement pour tenir constamment à une hauteur correspondant à la surélévation de leur lit; ainsi de la Loire, ainsi de la Garonne; et ces travaux, tout coûteux qu'ils soient, se trouvent régulièrement insuffisants dans les périodes de grandes inondations. Quelques-unes de ces rivières, comme celles qui traversent les vastes plaines de la Lombardie, les dominent à une hauteur telle, que les voyageurs éprouvaient autrefois, sur les routes, cette singulière impression de trouver en haut des côtes que les diligences gravissaient au pas, non pas une montagne, mais un fleuve considérable, comme le Pô, le Tessin ou l'Adda. On conçoit alors l'influence considérable que pourrait exercer l'application d'un système tel que le reboisement, qui, en supprimant ou en atténuant le régime torrentiel, diminuerait les entraînements de ces matériaux, et apporterait une simplification notable aux travaux d'amélioration des fleuves que l'on a cherché jusqu'ici à maintenir, comme la Loire, dans des digues latérales dont l'efficacité est à peu près nulle pendant les inondations.

M. Flachat insiste donc sur ce point que tous ces phénomènes naturels, comme le travail de M. Cotard l'a fait ressortir à merveille, s'enchaînent et se lient les uns aux autres, et exigent, par conséquent, une étude d'ensemble qui n'a pu être faite jusqu'ici, les services publics auxquels appartient la direction de ces études étant scindés en plusieurs branches qui agissent indépendamment les unes des autres. Il n'existe pas de service chargé de coordonner les travaux d'amont avec ceux d'aval. Pendant que l'administration des ponts et chaussées était rattachée au département travaux publics, celle des forêts dépendait du ministère des finances; et Dieu sait si les coupes claires, pratiquées à certaines époques, étaient commandées par le bon aménagement des richesses forestières plutôt que par des besoins financiers, que l'on ne pouvait couvrir par des emprunts d'État. Aujourd'hui, après de longues années de ce régime dangereux, leur situation s'est du moins améliorée de ce côté. C'est un premier pas fait dans le sens de la réforme que nous devons appeler de tous nos vœux; et c'est à la discussion qui s'ouvre ici même, qu'il appartient d'appeler l'attention des grands pouvoirs du pays sur l'importance d'une réforme à l'organisation actuelle de tous ces services.

M. Roy désire faire une observation au sujet de la question du reboise-

ment dont vient de parler M. Flachat. Tout le monde est convaincu de la nécessité de reboiser les montagnes, mais on ne doit pas se dissimuler que l'on rencontrera dans cette voie plus d'une difficulté, en particulier, l'opposition très vive des habitants de ces contrées qui vivent du produit de leurs troupeaux et considèrent la suppression de leurs pâturages comme une atteinte directe portée à leurs intérêts. M. Roy cite à l'appui de cette opinion un passage d'une profession de foi d'un candidat à la députation des Hautes-Pyrénées, qu'il a lue, il y a trois ans, à Cauterets : Électeurs, on m'accuse de vouloir transformer en forêts les pâturages qui nourrissent vos troupeaux; c'est un mensonge ! Je veux, au contraire, la conservation de vos pâturages, leur amélioration, leur extension. Si les tentatives faites dans les Alpes ont réussi, cela tient à ce que le pays en était réduit à un état d'aridité absolu. Ainsi, les travaux entrepris et exécutés dans la montagne des Corbières, dans le département de l'Aude, sont aujourd'hui absolument perdus; au bout de très peu d'années, tous les plans avaient été ruinés par les chèvres et les moutons des habitants de ce pays. Il est donc indispensable que l'État prenne des mesures de coercition, et indemnise, s'il y a lieu, d'une façon ou d'autre les populations des contrées, auxquelles on causera un préjudice.

Abordant la question de navigation du Rhône, M. Roy dit que cette question se rattache intimement à celle du port de Marseille, dont on a parlé l'année dernière; il pense que, malgré les idées en cours à l'heure actuelle sur la création des ports sud, que la réalisation de cette conception aurait des conséquences funestes qui se feraient vivement sentir, le jour où le Rhône sera prolongé par un souterrain passant sous le col de l'Estaque, et dont le débouché sera dans les ports du nord, qui se trouveront seuls en communication directe avec cette grande voie de navigation intérieure, et qui, mise en bon état de navigabilité, mettrait Marseille à l'abri de toute concurrence possible, par Gênes et le chemin de fer du Saint-Gothard, pour les transports économiques vers le nord-ouest de l'Europe. Or, pour assurer la navigation dans ce fleuve impossible à régulariser d'une manière stable, et dans lequel l'établissement de barrages offrirait de grandes difficultés, M. Roy pense que la seule solution vraiment pratique et définitive est celle d'un canal latéral permettant un calage d'au moins 2 mètres. Ce calage est déjà obtenu presque partout dans la Saône; de cette rivière, un canal permet de rejoindre le Rhin et l'Allemagne, et un autre se dirige vers la Marne. Mais un travail qui aurait une importance de premier ordre serait la jonction de la Saône à la Meuse, et la canalisation de cette dernière rivière, permettrait ainsi de pénétrer directement en Belgique et en Hollande, en constituant entre Marseille et Anvers la plus belle voie de navigation existant en Europe, et avec laquelle aucune des lignes ferrées traversant les Alpes par de grands souterrains ne pourrait lutter. C'est sur ce point particulier et très important que M. Roy désirait attirer l'attention de la Société.

M. Cotard dit qu'il n'a pas l'intention de revenir sur les développe-

ments assez étendus qu'il a déjà donnés sur la question générale du régime des eaux, mais il lui semble que la discussion n'est pas encore entrée dans le sujet sur lequel il a essayé d'appeler l'attention de la Société, et il demande à préciser sa pensée sur ce point.

M. Cotard fait d'abord observer que sa communication ne porte atteinte à qui que ce soit; il a critiqué les travaux, et non leurs auteurs; il a étendu ses observations à tous les pays, en se bornant à la simple exposition de faits qui lui ont paru de nature à jeter quelque lumière sur des questions encore controversées par les Ingénieurs à quelque groupe ou à quelque pays qu'ils appartiennent. Il a essayé, dans son travail, de condenser la question, de dégager des lois générales et d'en tirer des conclusions pratiques; ce travail avait en vue d'aider à trouver les moyens d'améliorer la navigabilité des rivières : or, jusqu'ici, il n'a été question, dans la discussion, que du port de Marseille, du reboisement des montagnes, de l'économie générale des transports; mais ces diverses questions n'ont aucun rapport avec le sujet sur lequel M. Cotard voudrait voir la discussion s'engager.

On a dit qu'il n'y avait pas de lois générales du régime des eaux, et qu'il fallait étudier les fleuves séparément et même en les fractionnant par sections. M. Cotard a essayé de montrer au contraire que ces principes généraux existent, et c'est là un point important qu'il serait intéressant d'élucider; car on pourrait arriver par là à une certaine unité dans l'étude du problème. Il a ensuite pris comme exemple le Rhône, parce que ce fleuve est voisin de nous, et qu'il offre un exemple frappant de la lutte qui s'établit entre la navigation et l'agriculture. Il y a vingt ans que l'on étudie cette question, et l'on n'est arrivé, aussi bien à l'étranger qu'en France, qu'à un résultat nul ou même négatif : en voulant améliorer les cours d'eau par le dérasement des seuils, on a abaissé les étiages; l'agriculture réclame de l'eau, et d'autres veulent s'opposer à toute dérivation des rivières; il est donc permis de se demander, en présence de cette divergence complète d'opinions, s'il n'est pas possible d'étudier le problème dans son ensemble, et, par suite, il paraissait naturel de poser les deux questions suivantes :

Y a-t-il une certaine unité dans les lois qui régissent l'écoulement des eaux à la surface du sol, depuis le sommet des montagnes jusqu'à la mer ?

Ne peut-on pas utiliser ces eaux à la fois pour l'agriculture et la navigation; n'y a-t-il pas moyen de concilier ces différents intérêts, leur antagonisme apparent ne serait-il pas basé sur des idées fausses ?

Au moyen du système suivi jusqu'ici, système de régularisation et de correction de rivières, a-t-on obtenu quelques résultats ?

M. Cotard croit que ces diverses questions méritent une réponse, et il serait heureux que quelqu'un voulût bien prendre la parole à ce sujet.

M. le Président fait remarquer qu'il avait tout d'abord posé la question dans le sens que M. Cotard vient d'indiquer. Le premier point a été laissé de côté, mais le second n'a pas été traité. M. le Président désirerait savoir

si quelqu'un veut prendre la parole sur ce premier point, c'est-à-dire: existe-t-il des lois générales qui régissent l'écoulement des eaux, depuis le sommet des montagnes jusqu'à la mer? M. Hauet a déjà énoncé cette opinion sommaire que ces lois générales n'existent pas; s'il désire ajouter quelques détails à cette première assertion, et reprendre chacun des points traités par M. Cotard, M. le président sera heureux de lui accorder la parole.

M. Hauet dit qu'il lui est difficile de prendre la parole, dans les limites étroites fixées par M. le président. Il s'était fait inscrire pour la discussion, mais il a déjà expliqué les motifs qui avaient fait changer ses intentions.

M. Roy dit qu'il y a un point sur lequel tout le monde est d'accord; c'est la nécessité du reboisement des montagnes pour maintenir la régularité des sources. Ce premier point doit donc être considéré comme acquis.

M. Flachat craint de ne s'être pas suffisamment expliqué s'il a paru traiter, dans ce qu'il vient de dire, une autre question que celle sur laquelle M. le Président désire faire porter la discussion tout d'abord. La partie théorique du travail de M. Cotard est, à ses yeux, à peu près incontestable, et il a eu l'honneur d'appeler l'attention de ses collègues, le jour même où le rapport a été présenté, sur la facilité avec laquelle chacun pouvait se rendre compte de l'exactitude des observations signalées. Pour peu qu'on ait voyagé en observant l'orographie des pays traversés, on aura constaté cette série de lacs étagés, de rapides alternant avec les eaux dormantes, qui sont par fois très apparents dans certaines contrées. Ce que M. Cotard nous a rapporté du Nil et du Niagara paraît être aussi universellement admis. La discussion qui vient d'avoir lieu, ou plutôt l'absence même de discussion, nous prouve que nous sommes dans le vrai, et qu'il n'est pas possible de mieux dire quant aux faits à signaler.

Ceci étant bien acquis, le côté utile de notre conversation doit être la recherche des remèdes à opposer aux résultats de cet état de choses. Or, il y a deux manières d'envisager cette recherche; doit-on, comme on semble s'être borné à le faire jusqu'ici, envisager seulement la localité où la rivière s'ensable, où le gravier s'accumule, et choisir bonnement entre le dragage, pour enlever les seuils, et l'établissement de digues pour protéger les campagnes voisines? Doit-on, au contraire, saisissant la question comme un taureau, par les cornes, se dire : Voyons d'abord d'où vient le mal et allons le couper dans sa racine. Cette eau de moins en moins régulière, ces matériaux de plus en plus encombrants, d'où viennent-ils, et pourquoi viennent-ils? Ils viennent du côté d'amont, et parce qu'ils sont insuffisamment réglés dans leur écoulement; c'est donc du côté d'amont qu'il faut aller les saisir et les régler.

L'attention a été éveillée sur cette seconde méthode après les inondations de 1856, quand une parole tombée de haut prescrivit l'étude de grands barrages transversaux dans les vallées, créant ainsi tout un système de vastes réservoirs. Malheureusement ce système a été à peu près unanimement reconnu aussi dispendieux qu'inefficace, et absolument inapplicable

dans la plupart des cas, ce qui a été démontré tout d'abord, croyons-nous, pour la vallée de la Garonne. Il s'est trouvé même des ingénieurs pour prouver que ce système de barrages transversaux aggraverait le mal, et irait droit contre le but qu'on veut atteindre.

Il faut donc trouver autre chose, car le régime de nos fleuves est, en général, très différent de celui du Rhône. Le Rhône est à l'étiage pendant l'hiver; puis les premières pluies du printemps amènent un afflux, très prompt par les vallées torrentielles qui l'alimentent, et plus lent, par les vallées de la Saône et du Doubs. Plus en avant dans l'été, alors que l'Ain, l'Ardèche, la Drôme et les autres sont à l'étiage, les rivières qui s'alimentent de la fonte des neiges ou des glaciers, la Durance, l'Isère et l'Arve, joignent leur apport à celui du lac de Genève, ce grand réservoir naturel du Rhône; exemple : les crues s'y produisent généralement à la fin de la saison chaude, alors qu'il n'y a plus de pluies, mais que la fonte des neiges sur les glaciers qui fonctionnent ainsi comme des réservoirs naturels, vient alimenter le fleuve et le grossir.

On peut donc d'autant plus s'étonner que cette richesse merveilleuse dans la saison où les eaux deviennent rares ne soit pas encore utilisée dans un pays comme la Provence, qui a tant d'intérêt à le faire.

Les autres rivières de France ne peuvent guère espérer une amélioration à leur régime de l'appoint à fournir par les neiges et les glaciers pendant l'été; il faut donc se renfermer, à leur égard, dans les remèdes à leur portée, en observant qu'en général tout ce qui agit pour retenir les eaux sur les hauteurs contribue à la régularité de leur régime. Nous avons dit que le gazonnement et le reboisement des montagnes étaient des remèdes dont l'influence passe, à juste titre, pour considérable. Est-il besoin de citer des faits? Sans quitter le rapport en discussion, nous trouvons la rivière de l'Œuf qui prend sa source dans la forêt d'Orléans, et dont le débit va sans cesse en diminuant. « Après avoir examiné les différentes « causes auxquelles on peut attribuer l'épuisement de cette rivière, « M. Debove ajoute que la forêt a été, dans ces derniers temps, assainie et « percée de fossés qui livrent aux eaux pluviales un écoulement plus « rapide. »

Voici donc un exemple d'une rivière dont le régime a été complètement changé par la disparition d'un réservoir naturel formé par le sol forestier. Si la disparition des arbres avait accompagné la création des fossés et rigoles d'écoulement, l'action de l'évaporation accentuerait encore la diminution du volume de la rivière.

Que l'on suppose maintenant toutes choses remises en leur état primitif; il est logique de supposer que cette rivière de l'Œuf reprendrait son ancienne allure; et de là à reconstituer aux sources de nos autres rivières des forêts, des marécages, des végétaux plus ou moins aquatiques, l'enchaînement est tout indiqué. Il demeure donc de tout ceci que la première chose à faire pour obtenir une amélioration dans le vaste ensemble de

l'aménagement des eaux, c'est la reconstitution de la végétation permanente vers les sources, c'est le reboisement des montagnes.

M. Flachat pense donc que, ce point théorique de la question étant élucidé, on pourrait passer à la discussion des applications pratiques, en faisant toutefois cette réserve, que les travaux à exécuter, dans le cours inférieur des rivières, pourront être influencés par les modifications apportées au sol dans leur cours supérieur.

Si nous abordons maintenant la question spéciale au Rhône, elle est bien simple à résumer; car elle est étudiée et connue depuis longtemps. Deux grands intérêts sont aujourd'hui en antagonisme : l'intérêt industriel, dont la chambre de commerce de Lyon tient le drapeau, et qui veut maintenir et améliorer la navigation; l'intérêt agricole, représenté par les départements du Gard, de l'Hérault, de Vaucluse et les pays avoisinants, qui savent quelles merveilles un peu d'eau enfanterait avec l'aide de leur beau soleil sur leur plantureux territoire. Celui-là veut une dérivation par emprunt à la rivière. Alors intervient la chambre de commerce de Lyon, qui s'oppose à ce qu'on détourne toute parcelle liquide de son Rhône; et puis, conflit.

Rien n'est plus facile cependant, en théorie, à concilier que ces intérêts opposés. Le Rhône possède à peine assez d'eau pour une navigation régulière dans son lit en toutes saisons, mais il en possède largement assez pour alimenter à la fois un canal de navigation et une prise d'eau considérable pour l'irrigation.

En pratique, c'est une autre affaire. La dépense du canal latéral a été évaluée, elle serait énorme en raison de la cherté des terrains très peuplés à traverser, du nombre d'habitations à renverser, des ouvrages d'art nécessités par des obstacles naturels considérables, enfin du grand nombre d'écluses résultant de la pente rapide du Rhône.

Mais cette dépense, toute considérable qu'elle puisse être, serait-elle hors de proportion avec les résultats à en espérer? Essayons de nous en rendre rapidement compte, et pour cela rapprochons, par la pensée, les travaux du canal latéral au Rhône, de ceux d'un nombre proportionnel de kilomètres de ce quatrième réseau de chemin de fer qui se construit, à cette heure, sans la moindre hésitation. Puis, rapprochons encore les services à attendre des uns et des autres. Poser ainsi la question, n'est-ce pas la résoudre en faveur de la vallée du Rhône, si l'on veut bien songer, en outre, qu'une fois l'exécution de ce canal sérieusement commencée, les objections de la chambre de commerce de Lyon seraient probablement bien amoindries, et que rien ne s'opposerait plus à la dérivation projetée pour arroser la Provence? La concession en est sollicitée, paraît-il, par plusieurs groupes financiers, sans qu'il en doive résulter aucune charge pour le budget de l'État.

On peut donc affirmer que les coups de pioche donnés par l'État sur le canal de navigation feraient double besogne. Chacun d'eux en déterminerait sur le canal d'irrigation un autre qui ne lui coûterait rien, mais fécon-

derait au contraire l'agriculture en créant des plus-values énormes qui rentreraient immédiatement dans ses caisses sous la forme d'impôts et contributions de toute nature.

M. Cotard désire ajouter encore quelques mots pour serrer de plus près la question. Le fait est celui-ci : depuis plusieurs années, on poursuit des travaux importants dits « travaux d'amélioration du Rhône » et qui ont sans doute été reconnus avantageux, puisqu'il y a peu d'années un crédit de 45 millions a été voté pour leur continuation, et leur généralisation sur toute l'étendue du fleuve. M. Cotard a dit que les résultats espérés n'avaient pas été obtenus : il en a donné les raisons, et c'est sur ce point précis qu'il désirerait voir la discussion s'engager. M. Cotard ne s'est pas prononcé sur les travaux à faire; il voudrait d'abord que l'on examinât la question de savoir si les travaux exécutés jusqu'ici sont réellement fructueux, car s'il en était autrement, un premier remède consisterait, avant tout, à les faire cesser. M. Cotard retrace ensuite, dans une esquisse rapide, les traits généraux de sa théorie, afin de montrer une fois de plus la corrélation qui existe entre tous ces phénomènes naturels de l'écoulement des eaux, et la nécessité d'embrasser l'ensemble de la question tout en faisant l'application au fleuve qui nous occupe, et demande que, écartant toute question secondaire, on discute sur le point précis qu'il a indiqué.

M. Flachat demande à faire remarquer que, malgré les sommes considérables que le canal devrait coûter, si l'on avait appliqué à sa construction celles que l'on a dépensées pour la navigation dans le lit du Rhône sans résultat définitif depuis une cinquantaine d'années, il serait déjà exécuté aux trois quarts.

M. le Président. Le sujet vient d'être parfaitement complété par l'auteur même de la communication, et la question se trouve maintenant circonscrite dans un cercle parfaitement défini au moins en ce qui concerne le Rhône. M. Cotard a énoncé et montré que les travaux qu'on fait sur le Rhône l'abîment. Y a-t-il ici un représentant de l'idée contraire? Je lui offre la parole. Si personne ne réclame la parole sur ce point spécial, je me retourne vers les ingénieurs distingués qui ont bien voulu répondre à notre invitation, et nous faire l'honneur d'assister à notre séance. Je les prie de vouloir bien nous faire connaître leur opinion sur cette question.

M. Schlemmer dit que la difficulté de répondre au désir de M. le Président est grande, vu l'étendue considérable du sujet et les nombreux développements qu'il exigerait pour être traité d'une façon complète. Une autre difficulté, c'est que la question est très délicate; elle n'est pas résolue à l'heure qu'il est, entre les ingénieurs qui ont la lourde responsabilité de ce service, et il est difficile à ceux qui y sont étrangers de formuler une réponse précise à la question posée par M. Cotard. Tout en admettant que l'on a quelquefois trop oublié que tout se tient et s'enchaîne, depuis la source jusqu'à l'embouchure, dans le régime des cours d'eau, il paraît très difficile à M. Schlemmer de trouver, dans ce que M. Cotard appelle sa « théorie générale, » une indication permettant de découvrir et définir les remèdes à

employer pour améliorer la navigation. Pour lui, il pense qu'un véritable ingénieur de navigation doit étudier, sur l'étendue du fleuve qui lui est confiée, les circonstances locales, le volume d'eau débité, la nature des rives et du fond, le régime des affluents, etc., et chercher s'il est possible, avec les éléments dont on dispose, à obtenir des améliorations; d'ailleurs, en pareille matière, il est permis de se tromper dans un premier essai. Quant à la question spéciale des travaux du Rhône, M. Schlemmer dit que sa situation personnelle ne lui permet pas de suivre M. Cotard sur le terrain où il s'est placé. Il reconnaît cependant que M. Cotard a parfaitement indiqué comment on se trompe en oubliant la corrélation qui existe entre les divers phénomènes du régime des fleuves, et a fort bien fait de soulever une question aussi intéressante et toute d'actualité.

M. LE PRÉSIDENT, en remerciant M. Schlemmer de l'explication très franche qu'il vient de donner sur la manière dont la question se pose, désirerait encore connaître son avis sur le résultat de la méthode de fractionnement, suivie depuis tant d'années, dans l'étude des cours d'eau; on étudie séparément un certain nombre de sections, alors que le mal pourrait être en dehors de chacune d'elles, et provenir de plus haut; c'est là le sens de la communication de M. Cotard.

M. COTARD reconnaît la justesse de l'observation de M. Schlemmer, et la difficulté où serait un ingénieur qui, aux prises avec les difficultés de chaque jour, n'aurait à sa disposition qu'une théorie générale. Mais il pense qu'il n'est pas inopportun, dans le sein d'une Société d'ingénieurs, de chercher à généraliser les questions. On arrive ainsi quelquefois à établir des principes qui servent de guide dans la pratique. Des travaux exécutés et en cours d'exécution ne donnant pas les résultats prévus, il est tout naturel et tout à fait dans notre rôle de rechercher les causes de cet insuccès. Du reste, M. Cotard fait remarquer qu'il a posé la question d'une façon parfaitement nette, et que personne n'a répondu; il considère donc comme acquis que les travaux d'amélioration du Rhône ne paraissent pas avoir donné le résultat qu'on en attendait, et qu'ils ont été conçus d'après des principes erronés.

M. SCHLEMMER pense que la conclusion de M. Cotard est beaucoup trop générale; il cite comme exemple les travaux d'amélioration de la Seine, et l'avantage qui en est résulté pour la navigation.

M. COTARD répond qu'il n'a pas parlé, dans sa communication, des fleuves où existent des barrages, mais bien de ceux où on a opéré par dérasement des seuils et par resserrements.

M. FOURNIER dit que l'on possède aujourd'hui des éléments d'appréciation qu'on n'avait pas, il y a quarante ans. Après les inondations de 1846 et de 1856, il a été fait des observations qui forment une masse considérable. On peut donc, maintenant, classer les résultats météorologiques obtenus et chercher à en déduire des lois générales applicables aux grands bassins. Il croit que sur les cours d'eau, il serait utile de fixer les seuils,

et que si on emploie un autre système, on transformera tous les pays civilisés en déserts. Cela obligera, il est vrai, la civilisation à faire le tour du monde.

M. Boulé. Je crois devoir faire observer à M. Cotard que les opinions qu'il vient d'émettre me paraissent trop générales et par suite trop absolues.

Je n'ai pas d'objection à faire à sa théorie générale de l'écoulement des eaux à la surface du sol et de la constitution des bassins et des rivières, elle me paraît exacte et correcte, mais il ne s'ensuit pas qu'en pratique les travaux nécessaires pour améliorer la navigation soient nécessairement les mêmes sur toutes les rivières.

Ces travaux varient avec la pente, le débit, la nature du lit et des berges de la rivière et aussi avec la hauteur de ces berges.

Ainsi pour la Seine, que je connais mieux que le Rhône, pour m'en être occupé spécialement depuis vingt-cinq ans : de Paris à Rouen, la pente est de $0^m,10$ par kilomètre; avec des barrages de $2^m,50$ à 3 mètres de chute espacés de 25 kilomètres environ on obtiendra prochainement, par les travaux en cours d'exécution, $3^m,20$ de mouillage minimum. De Paris à Montereau la pente s'élève à $0^m,20$ par kilomètre, des barrages espacés de moins de 10 kilomètres n'y donnent plus que 2 mètres de mouillage. Sur l'Yonne, où la pente est encore plus forte, les barrages sont encore plus rapprochés, il a fallu faire quelques dérivations, c'est-à-dire des portions de canal latéral, pour avoir $1^m,60$ seulement de mouillage. On cherche à obtenir 2 mètres entre Montereau et Auxerre et peut-être faudra-t-il établir un canal latéral, ou au moins multiplier les dérivations, c'est-à-dire abandonner quelques parties du cours de la rivière pour naviguer sur une voie latérale artificielle. Enfin, en amont d'Auxerre, la pente devenant trop forte la question n'est plus douteuse, un canal latéral est indispensable, on ne peut plus obtenir un tirant d'eau suffisant avec des barrages, les biefs seraient trop courts, les écluses trop multipliées.

Le mode d'amélioration d'une rivière varie donc à mesure que la pente augmente ; il n'est pas le même à l'embouchure que près de la source, ou dans la partie moyenne; il peut varier aussi avec la nature du lit, avec celle des berges et avec leur hauteur, qui limite la hauteur et la chute des barrages. Sur un autre cours d'eau on trouvera encore d'autres conditions et, la théorie restant la même, la pratique changera.

Enfin, on ne peut négliger la question économique; il est possible que dans certains cas on veuille éviter les retards que produit toujours le passage des écluses, et qu'on préfère se contenter d'un faible mouillage plutôt que d'établir des écluses. C'est ainsi qu'une navigation très active a subsisté jusqu'en 1860 sur la haute Seine avec un très faible mouillage, et que *les mariniers intéressés* se sont opposés pendant vingt ans, de 1840 à 1860, à l'exécution d'écluses entre Paris et Montereau. Sur d'autres rivières, le Volga, par exemple, il existe une navigation très active, très importante, avec un mouillage qui descend à moins de 1 mètre en été, on

y emploie des bateaux, véritables radeaux, de 80 mètres de longueur sur 16 mètres de largeur, qui peuvent recevoir de très gros chargements avec un tirant d'eau de quelques décimètres, et, malgré sa très faible profondeur, le Volga est encore actuellement une voie de grande circulation pour les voyageurs par bateaux à vapeur.

Je ne connais pas le Rhône comme la Seine, néanmoins, je crois pouvoir dire que la critique que fait M. Cotard des travaux en exécution sur ce fleuve est excessive et trop absolue. Ici l'exécution, maintes fois proposée, d'un canal latéral, a paru impossible jusqu'à ce jour, à cause de l'énormité de la dépense et de difficultés spéciales. Ainsi il existe sur les deux rives des passages très difficiles pour un canal, soit à cause des rivières affluentes, soit à cause de villes importantes, Valence, par exemple, qui occupent toute la vallée entre la rive du fleuve et le coteau.

La pente du Rhône est très forte, la canalisation par barrages serait peut-être aussi trop coûteuse, les biefs étant trop courts, les barrages trop nombreux; et c'est sans doute pour cela qu'on a cherché d'autres moyens pour améliorer la navigation.

Sans aucun doute les travaux entrepris ne pourront pas donner 3 mètres ni 2 mètres de tirant d'eau à l'époque des basses eaux, ni même peut-être plus de 1 mètre. Je suis porté à croire que les travaux entrepris pourront à peine faire gagner quelques décimètres de mouillage. Mais il faudrait examiner si cette très petite amélioration n'est pas suffisante pour rendre économiquement possible des transports aujourd'hui impossibles, et si par conséquent, elle ne justifie pas la dépense de 45 millions prévue par la loi du 13 mai 1878, dépense aujourd'hui à moitié faite, puisque 21,380,000 francs étaient dépensés au 30 septembre 1881, d'après le Bulletin du ministère des travaux publics du mois de novembre 1881.

On peut soutenir que les travaux actuels du Rhône ne donneront jamais à ce fleuve un mouillage bien considérable, que le courant y sera excessif et la navigation difficile; mais il me paraît trop absolu de dire qu'il faut y renoncer, pour recommencer autre chose et qu'il faut même renoncer à naviguer sur le plus grand fleuve de France pour établir à côté une voie d'eau artificielle. Ce serait d'ailleurs reconnaître l'impuissance des ingénieurs à améliorer la navigation du Rhône et ce n'est pas ici le lieu de déclarer que cela est impossible à l'art de l'ingénieur.

M. LE PRÉSIDENT croit pouvoir conclure de ce que vient de dire M. Boulé, que la solution à appliquer consiste, en général, dans la retenue de l'eau, soit par des barrages, soit au moyen d'un canal latéral, et non dans l'augmentation de la facilité de l'écoulement par des abaissements de seuils ou des endiguements.

M. BOULÉ approuve cette conclusion et ajoute qu'il y a aussi la question de dépense.

M. LE PRÉSIDENT dit que c'est une question à part.

M. BOULÉ répond que c'est au contraire un élément important à considérer, si, avec 45 millions, on peut obtenir des améliorations notables, tandis

qu'il faudrait 200 millions et peut-être davantage pour créer un canal fort difficile, rencontrant sur son parcours des villes comme Valence, resserrées entre le fleuve et les montagnes.

M. Cotard fait observer que toute la question réside précisément en ce point, de savoir si, avec les 45 millions que l'on va dépenser, on aura une navigation possible sur le Rhône.

M. le Président dit que la question ne peut être épuisée dans cette séance; il remercie les personnes qu'il avait invitées, d'avoir bien voulu assister à nos travaux, et il espère qu'elles nous feront l'honneur de continuer à suivre notre discussion dans une prochaine séance.

MM. Abt, Delatte Dichl, Ferembach, Grosseteste, Michaud et de La Roche, ont été reçus membres sociétaires.

La séance est levée à 11 h. 1/4.

CHRONIQUE

Sommaire. — Les canaux de l'Allemagne du Nord. — La catastrophe d'Elm. — Locomotives Compound en Allemagne et en Angleterre. — Un chemin de fer à voie étroite. — Une cause d'avarie dans les machines Compound marines. — Le différend au sujet du Gothard. — L'origine de la machine à coudre. — Locomotive à quatre cylindres système Shaw.

Les canaux de l'Allemagne du Nord. — Notre collègue, M. T. Seyrig, a bien voulu faire pour la chronique le résumé suivant d'un article publié par le *Central blatt für Bauverwaltung*, rédigé au ministère des travaux publics, à Berlin.

On connaît les tendances du Gouvernement prussien à racheter successivement un grand nombre de lignes de chemins de fer pour en faire des instruments de l'État. Il est intéressant de voir, pendant que se poursuit cette campagne du rachat, comment les mêmes autorités gouvernementales envisagent la question des canaux. Loin de combattre leur entretien ou leur établissement, comme nuisibles aux chemins de fer par la concurrence des transports à bon marché, elles en poursuivent le développement, et des projets très vastes sont en ce moment sur le point de recevoir un commencement sérieux d'exécution.

Un mémoire présenté à la Chambre des députés de Prusse, le 30 janvier de cette année, nous fournit un certain nombre de données intéressantes que nous résumons ici.

Ledit mémoire complète et rectifie un autre traitant le même sujet qui a paru en 1877. Des études plus étendues ont été faites, depuis ce moment, et ont conduit à la détermination d'un certain nombre de lignes dont l'ensemble ne représente pas moins de 1,200 kilomètres de développement. Ces lignes peuvent être ainsi subdivisées :

A. Lignes allant à l'Ouest.

1° *Canal du Rhin à la Meuse*, se raccordera avec une portion située sur le territoire hollandais; l'accord est aujourd'hui établi avec les autorités de ce pays.

2° *Canal du Rhin au Weser et à l'Elbe.* Un ancien projet faisait passer ce canal, qui part de Ruhrort, par Minden et Hanovre et Magdebourg. Les études récentes paraissent devoir le faire rejeter au loin vers le Nord, en le faisant passer de Dortmund à Munster, le long de l'Ems, jusqu'à Neu-

dörpen où il y aurait un raccordement avec l'Ems maritime, près Papenburg; puis, se dirigeant vers l'Est, il rejoindrait le Weser à Elsfleth. Remontant le fleuve, il le quitterait près de Brême, à Vegesack, puis se dirigerait vers Stade sur l'Elbe, au-dessous de Hambourg. Éventuellement, un canal latéral à l'Elbe permettrait aux bateaux qui ne peuvent pas naviguer sur ce fleuve de remonter jusqu'à près de Harburg.

Les projets de ce canal sont déjà très avancés et les devis sont établis. La section Ruhrort-Henrichenburg (près Dortmund), à 44,3 kilomètres, et est estimée à 28,000,000 de francs. La section Dortmund-Papenburg (sur l'Ems maritime) aura 207 kilomètres et son estimation est de 63,000,000. La section Neudorpen à Elsfleth aura 86,7 kilomètres et doit coûter 23 millions 600,000 francs. Enfin, la dernière section Vegesack (sur l'Ems)-Stade aurait 82,5 kilomètres et coûterait 25,300,000 francs.

Ce canal sera de la plus grande importance pour toute la région minière et industrielle de la Westphalie; les charbons se dirigeront par ce moyen vers les ports de la Hollande, passant sur le Rhin et vers les ports de la mer du Nord et même de la Baltique. Il est bien probable que, par ce canal, ils trouveront un avantage sérieux pour arriver sur l'Elbe moyenne et jusqu'à Berlin.

3° *Les voies navigables dans et autour de Berlin.* — Il existe à Berlin et aux environs un trafic considérable sur la Sprée navigable. Les conditions de cette navigation réclament depuis longtemps des améliorations, mais ce n'est qu'une question locale, étendue il est vrai, sur laquelle nous ne nous arrêterons pas ici.

4° *Le canal Oder-Sprée.* — Partant de la Sprée aux environs de Rüdersdorf, ce canal doit se diriger vers Kienitz, près Zellin sur l'Oder, avec un embranchement longeant l'Oder jusqu'à Schwedt. Ce travail est cependant relégué pour le moment au second plan, une autre communication existant déjà de Berlin avec l'Oder, plus au nord, par l'intermédiaire de la Havel et du canal de Finow, allant de Liebenwalde à Oderberg, et qui a récemment été considérablement amélioré.

B. Lignes allant du Nord au Sud.

5° Un des canaux principaux suivant cette direction est le canal de l'Elbe à la Sprée qui, partant de Riesa, rejoint la Sprée à Copenick un peu au-dessus de Berlin. La première se trouve dans le royaume de Saxe, et y avait été étudiée par un comité représentant l'initiative privée. La portion sur le territoire prussien a 118,6 kilomètres de longueur et est estimée 35,000,000 de francs; le prix total des 134,6 kilomètres est évalué à 51,250,000 francs. Ce canal est destiné à donner un débouché nouveau et nécessaire aux produits des mines et de l'industrie de la Saxe et de la Bohême.

6° *Le canal de la mer du Nord à la Baltique.* — Ce projet déjà ancien a été repris ces temps derniers par l'initiative privée. Partant de Brünsbuttel, situé à l'embouchure de l'Elbe, près Kiel, il pourrait acquérir une grande importance. Il paraît cependant qu'il y a des doutes sérieux sur le point de savoir si le prix d'exécution excessivement élevé serait en proportion avec les résultats probables.

7° *Le canal Elbe-Trave,* allant de Lauenburg à Lubeck, ne sera guère qu'un élargissement du canal existant de la Stecknitz.

8° *La ligne Rostock-Berlin* pourrait acquérir une certaine importance en mettant Berlin en communication directe avec la mer Baltique.

Il reste d'autres lignes à exécuter, mais dont l'urgence n'est pas reconnue ou dont les projets ne sont pas encore étudiés, entre autres :

La canalisation du Mein, au-dessous de Francfort;
Le canal de Leipzig à l'Elbe;
Le canal de l'Oder au Danube.

On le voit, cet ensemble considérable de projets témoigne de l'importance qu'on attache à assurer en Prusse des transports à très bas prix aux grosses marchandises. On jugera encore mieux de ces efforts quand on saura qu'il a été décidé de construire le canal Elbe-Sprée, de manière à livrer passage à des bateaux jaugeant 400 tonneaux. Les écluses auront 8m,60 de largeur, 67 mètres de longueur et 2 mètres de tirant d'eau. Il est probable que ces conditions seront adoptées d'une manière plus générale. La section transversale du canal sera établie avec 16 mètres de largeur au plafond et 24 mètres à la ligne d'eau, la profondeur étant de 2 mètres. Le canal Rhin-Weser-Elbe aura des dimensions analogues, mais les écluses et autres ouvrages d'art auront 2m,50 de tirant d'eau de manière à livrer passage au besoin à des petits caboteurs et aux bateaux naviguant sur le Rhin.

Il est intéressant de rappeler à ce propos que les projets de nouveaux canaux en France ne comportent que des écluses pour bateaux de 5 mètres de largeur jaugeant 300 tonneaux.

La catastrophe d'Elm. — On sait que le 11 septembre 1881, un éboulement considérable consistant en une chute de rochers a enseveli la plus grande partie du village d'Elm, dans le canton de Glaris, en Suisse. C'est le phénomène de ce genre le plus grave depuis l'éboulement de Goldau arrivé le 2 septembre 1806, et qui engloutit sous une couche de débris de plus de 50 mètres d'épaisseur trois villages contenant plus de 300 bâtiments en même temps que 457 personnes, sur une superficie de plus de 5 kilomètres carrés.

M. le professeur Albert Heim vient de publier dans les *Archives des*

sciences physiques et naturelles de Genève, une note sur ce sujet, dont nous extrayons les parties les plus intéressantes, en y joignant un plan des environs d'Elm dont nous devons la communication à l'obligeance de la direction de l'*Eisenbahn*.

Elm
Unterdorf
Wald
Ober
Hoden
Mühlehorn
Mühlehorn
Mühlehorn

anciennes de l'écorce terrestre et gisaient primitivement bien plus bas, tandis que les formations eocènes qui sont maintenant recouvertes par le calcaire et le verrucano (roches analogues à la sernifite et désignées sous ce nom par Studer), étaient primitivement placées au-dessus. Il y a donc un renversement de stratification considérable résultant de deux grands plissements dont l'un au nord a poussé vers le sud le verrucano du Wallensee, tandis que l'autre emmenait par-dessus le verrucano du Vorderrhein. L'éboulement s'est fait tout entier dans les roches eocènes.

Il y avait déjà eu antérieurement des éboulements peu considérables, ce qui n'empêchait pas l'exploitation des ardoisières poussée avec une grande activité depuis 1868, et surtout depuis 1878, époque où la commune d'Elm reprit l'exploitation à son propre compte. Cette exploitation se faisait à ciel ouvert. Comme, au-dessus de l'exploitation, il y avait des ardoises de mauvaise qualité présentant une stratification différente et tendant à se fendre perpendiculairement, il y avait du danger à exploiter à ciel ouvert dans une paroi aussi rapide et immédiatement au-dessus de localités habitées, car la nature finit toujours par rétablir la pente naturelle et l'éboulement se produit.

On remarquait depuis plusieurs années que les mauvaises ardoises se déplaçaient en avant et que les excavations ne se maintenaient jamais longtemps; il y avait de temps en temps des éboulements et des ouvriers tués sans qu'on cessât le mode de travail. En 1876, il se forma dans le rocher à une certaine hauteur une fente très visible qui garda pendant plusieurs années une ouverture de $1^{m},50$ environ. Les faucheurs au Stäfeli sentaient depuis longtemps un ébranlement particulier du sol et des arbres quand on faisait sauter des mines dans l'ardoisière; les dimensions de la fente augmentaient d'ailleurs toujours plus.

Au printemps de 1881 la fente avait atteint des dimensions encore plus grandes, et en août de la même année sa largeur était de 2 à 3 mètres et le terrain au-dessous était descendu de 4 à 5 mètres.

On était convaincu que la montagne s'écroulerait; mais, comme à Goldau, on ne prit aucune précaution. Les pluies extraordinaires de la fin d'août et du commencement de septembre aggravèrent encore la situation.

Le jeudi 8 septembre, il y eut un effondrement dans la carrière et les travaux furent arrêtés et les instruments mis en sûreté.

Le samedi 10, les forestiers et quelques membres du conseil communal allèrent examiner la crevasse et, fait caractéristique de l'état d'esprit des habitants d'Elm à ce moment, comme le forestier cantonal qui devinait la cause du mal informait le président de la commune qu'il faudrait interrompre les travaux de l'ardoisière au moins jusqu'au printemps, celui ci fut fort étonné et insista sur les inconvénients d'un si long chômage.

On prévoyait sans doute un éboulement prochain, mais on ne pouvait supposer que les proportions en seraient aussi gigantesques et surtout que les débris ne s'arrêteraient pas au pied de la pente.

Après quelques chutes de pierres et quelques éboulements partiels, le premier grand éboulement se produisit le 11 septembre à 5 h. 15 après-midi. Les masses de rochers se précipitèrent dans la vallée avec la rapidité de la foudre, elles couvrirent la carrière, les magasins de la commune remplis d'ardoises et d'outils, l'auberge de Martinloch dont les habitants s'étaient enfuis deux jours avant, etc.; le deuxième éboulement encore plus considérable eut lieu 17 minutes plus tard, il s'élança par-dessus le premier, ensevelissant plusieurs propriétés à Unterthal; enfin au bout de quatre minutes vint le troisième; l'énorme masse s'effondra par en bas avec un épouvantable craquement.

Il semble que la masse écroulée devait s'arrêter sur le sol horizontal au pied de la pente. Mais c'est là le fait le plus extraordinaire dans la catastrophe: cette masse se précipita d'abord contre le Duniberg, qui la détourna de sa direction primitive et la rejeta dans la direction de la vallée, où elle glissa sur près de 1,500 mètres sur un sol presque horizontal. Ce fait, sans exemple, ne pouvait être prévu; beaucoup des victimes de la catastrophe ont été subitement enlevées alors que, ne se doutant pas du danger, elles regardaient de loin la chute de la montagne.

Comme dans tous les grands éboulements, l'énorme avalanche a comprimé l'air devant elle et l'a forcé de s'échapper en violents tourbillons. A Unterthal, quelques maisons entières furent d'abord lancées au nord vers le Düniberg, à quelque 100 mètres de leur position primitive, puis recouvertes de blocs de rochers. On a trouvé sur le Düniberg des vêtements, des livres, des cahiers d'école, un fourneau, des toits, des escaliers, etc., provenant de maisons situées 100 mètres plus bas dans la vallée. On a vu des hommes, des arbres, des toits tourbillonner en l'air avant l'arrivée de l'avalanche et disparaître ensuite ensevelis par les débris. Quelques personnes ont été sauvées par ce tourbillon qui les a rejetées en dehors du chemin de l'éboulement. Les maisons complètement ensevelies ont dû être arrachées par le courant d'air.

Des phénomènes analogues avaient accompagné l'éboulement de Goldau.

L'effet de l'air a été très considérable à la tête de l'éboulement, mais il a été nul sur les parties latérales. Ainsi des maisons n'ont pas été atteintes tout près du bord et même des monceaux de foin ont été laissés intacts à moins de 2 mètres des débris.

Les rochers se sont précipités d'abord suivant la pente jusqu'à l'ardoisière. Immédiatement au-dessous, tombant sur une petite terrasse, ils ont été rejetés horizontalement. Les parties postérieures de l'éboulement pressant les premières les firent rebondir; on aperçut au-dessous de l'avalanche des maisons et des arbres. La tête se précipitant contre le Düniberg fut divisée par lui et rejetée dans le sens de la vallée par les masses qui la suivaient. Le mouvement de ces masses sèches sur plus de 1,400 mètres de terrain horizontal peut paraître incroyable; il n'a été rendu possible que parce que, animées d'une force vive énorme, elles tombaient sur la

terre végétale des prairies et des champs, amollie et rendue glissante par des pluies prolongées. Des témoins oculaires affirment qu'à Müsli, elles n'arrivèrent pas en roulant, mais en glissant comme l'éclair.

Un autre phénomène remarquable qui s'explique par ce mouvement de glissement, c'est que l'éboulement forme une masse compacte, à bords parfaitement définis, comme certaines grandes avalanches ou comme un torrent de lave. On ne trouve que de la poussière à côté d'un amoncellement de 5 ou de 10 mètres. Pas de pierres éparses ou jetées de côté, comme cela se serait produit si les blocs avaient roulé.

Le sol sur lequel l'éboulement a passé n'a, depuis les magasins de la carrière jusqu'à Schwendi, que 3 à 3,5 pour 100 de pente. L'éboulement a sur sa ligne médiane 1,400 à 1,450 mètres de longueur; la largeur est de 400 à 500 mètres, suivant les endroits; la superficie est donc d'environ 580,000 mètres carrés.

Les rochers ont, depuis la déchirure supérieure de la montagne jusqu'à l'extrémité la plus basse du monceau de débris, parcouru un espace de 2,300 à 2,400 mètres en deux minutes environ, ce qui donne une vitesse par seconde de 20 mètres.

D'après les dires de témoins qui rapportent que depuis l'instant où l'on aperçut le grand écroulement au haut des rochers, on n'eut que le temps de sortir des maisons et de faire une vingtaine de pas, ce qui demande dix à trente secondes, la vitesse se trouverait avoir été de 120 mètres par seconde.

La forêt est presque ensevelie sous les débris des rochers qui la portaient; on ne voit plus à la surface qu'un petit nombre de sapins, les uns semblent avoir été coupés d'un seul coup, les autres sont plus déchirés. Un cadavre que l'on a retrouvé avait le crâne coupé franc à mi-hauteur du front, ce qui prouve l'énorme vitesse de l'avalanche. Au Düniberg, on trouve des blocs de 100 à 200 mètres cubes pesant 250 à 500 tonnes. On y a retrouvé un rail de fer courbé, amené en droite ligne de l'ardoisière à 800 mètres de distance.

La déchirure de la montagne a eu lieu le long de la grande crevasse qui existait déjà depuis plusieurs mois, elle a de 450 à 500 mètres de large et l'enfoncement qui a fourni les crevasses principales a 320 mètres. On peut supposer que le cube des rochers qui sont tombés de l'enfoncement principal est 10 millions de mètres cubes en nombre rond. Cette masse représente une masse assez considérable pour bâtir deux cents villes de la grandeur de Zurich. La hauteur moyenne de chute est d'environ 450 mètres. En résumé, on voit que l'éboulement d'Elm a consisté en 10 millions de mètres cubes de rochers tombant d'une hauteur de 450 mètres sur une pente d'environ 50 degrés, rebondissant à une hauteur de 100 mètres sur le versant opposé de la vallée, puis glissant encore pendant environ 1,500 mètres presque horizontalement, tout cela opéré probablement en moins de deux minutes. La surface dévastée, y compris les déchirures,

le chemin parcouru par les débris et les terrains qu'ils couvraient, occupe environ 895,000 mètres carrés.

Ajoutons que 22 maisons, 50 étables et 12 bâtiments à usage de magasins ou ateliers ont été engloutis ainsi que 114 personnes; les pertes matérielles dépassent 1 million de francs sans compter la ruine de l'industrie de l'ardoise.

On a immédiatement après l'éboulement entrepris des recherches relativement au danger qui peut encore exister. On a reconnu que la partie qui menace est le Risikopf, qui très probablement s'écroulera prochainement, mais on ne peut faire que des conjectures sur la manière dont la chute se produira et sur sa direction; sa chute du côté d'Elm serait la destruction complète de ce qui reste de cette malheureuse localité et l'obstruction du cours du Sernf.

Cette éventualité paraissant à craindre, on a songé à essayer tous les moyens possibles d'y remédier. Le seul procédé pouvant être employé avec les ressources dont on disposait était d'enlever la base orientale du Risikopf, et le seul moyen praticable était l'emploi de projectiles explosifs. On pouvait espérer qu'une entaille de 30 mètres de longueur sur 2 ou 3 de profondeur produirait déjà un éboulement considérable. On monta donc un canon de 8 centimètres sur le Düniberg, et, après avoir fait déclarer par écrit aux habitants d'Elm et à leurs créanciers qu'ils ne réclameraient pas, pour les dommages qui pourraient être produits par les travaux de cette nature, d'autres compensations que celles qui leur reviendraient, si ces dommages se produisaient naturellement par la chute de la montagne, on se mit à l'œuvre et on commença le bombardement le 2 décembre. On tirait à 900 à 1,000 mètres sous un angle de 23 degrés. Au bout de 160 coups, l'effet était peu satisfaisant; on n'obtenait que des brèches irrégulières et pas d'entaille continue. Après une visite, on put s'assurer qu'il ne faudrait pas moins de 500 ou 1,000 obus tirés avec une pièce de 15 centimètres pour produire l'effet voulu; le transport d'une pièce de ce calibre serait très difficile et très coûteux, et l'effet douteux; on dut donc abandonner la tentative.

Le mouvement du Risikopf s'est arrêté depuis lors et ne reparaîtra probablement pas avant le printemps. La situation est donc celle-ci provisoirement : Il est actuellement plus probable, par différentes raisons, que la chute totale du Risikopf aura lieu du côté de l'est qui ne présente pas de danger, mais ce n'est pas certain. Puisse la nature épargner de nouveaux malheurs au village d'Elm.

Locomotives Compound en Allemagne et en Angleterre. — Il semble que la question de l'emploi du fonctionnement Compound dans les machines locomotives vient de faire un pas considérable, tant par l'importance des nouvelles applications que par le nom des Ingénieurs qui s'y sont récemment ralliés et qui appartiennent à des chemins de fer.

Nous avons dans la Chronique de 1880, juin (page 771) et décembre

(page 653), donné quelques détails sur les applications faites du système, par M. von Borries, ingénieur des chemins de fer de l'État de Hanovre, à des petites machines destinées au service local sur ces lignes[1]. M. von Borries veut bien nous informer qu'à la suite d'expériences comparatives faites sur ces machines et de résultats économiques bien constatés, le Ministère des travaux publics de Berlin a autorisé la construction, pour les chemins de fer de l'État de Hanovre, de deux machines à marchandises à fonctionnement Compound. Ces machines sont les plus puissantes construites actuellement sur ce principe.

Voici les dimensions principales :

Surface de grille.	$1^{m^2},53$
Surface de chauffe totale (intérieure).	122 »
Longueur des tubes.	$4^{m},450$
Pression à la chaudière.	12^{kg}.
Diamètre du petit cylindre.	0,460
Diamètre du grand cylindre.	0,650
Course des pistons.	0,630
Écartement des axes des cylindres.	2,030
Lumières du grand cylindre.	500×40
Diamètre du tuyau de communication.	0,200
Diamètre du tuyau d'échappement.	0,200
Diamètre des six roues accouplées.	1,330
Poids de la machine vide.	$33,300^{kg}$.
Poids de la machine en service.	38,600

La machine est à tender séparé. Le mécanisme de distribution est du type Allan.

On voit que le rapport des volumes des deux cylindres est de $\left(\frac{65}{46}\right)^2 = 1.997$, soit pratiquement 2. M. von Borries emploie pour calculer l'effort de traction des locomotives Compound la relation

$$F = \frac{p\,d^2\,l}{2\,D} \qquad (1),$$

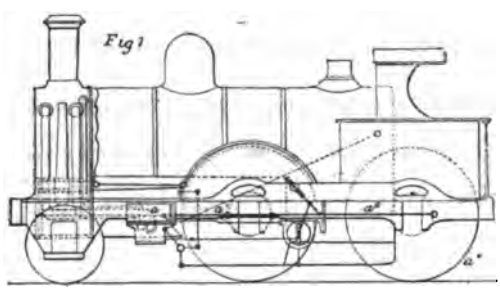
dans laquelle d est le diamètre du grand cylindre et p la pression moyenne effective résultant de la détente totale et qu'il suppose, pour les machines ayant un rapport de cylindres de 2, être, avec l'introduction maxima au petit cylindre, de 0,55 de la pression à la chaudière. Les autres lettres ont leur signification habituelle; en leur appliquant les valeurs indiquées plus haut, on trouverait F = 6,580 kilogrammes, mais c'est un effort fictif qui correspond à l'effort brut sur les pistons et dont il faut retrancher la partie absorbée par les résistances du mécanisme; si on admet 15 pour 100 pour ces dernières à cause de l'accouplement des trois essieux, on arrivera à

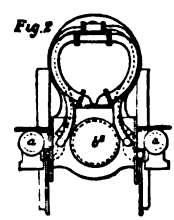
1. Voir *Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure*, septembre 1880, page 157.

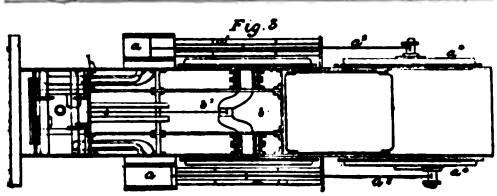
une valeur de l'effort de traction à la jante des roues égale à 5,600 kilogrammes ou $\frac{1}{6.9}$ du poids de la machine.

Nous donnerons les résultats de ces machines qui seront prochainement mises en service car nous croyons que cette application a un grand intérêt, non seulement parce qu'elle est faite par un ingénieur de grande réputation et sur un chemin de fer appartenant au gouvernement prussien, mais surtout parce qu'elle prouve que le système peut s'appliquer simplement à la classe de machines la plus puissante en usage sur les chemins de fer, si on laisse de côté les machines à huit roues couplées qui sont peu ou point en usage en Allemagne.

Une autre application non moins intéressante, bien que sous une forme différente du même principe, vient d'être faite, en Angleterre, par M. W. H. Webb, l'ingénieur bien connu, locomotive superintendent du London et North-Western, à Crewe. Dans les discussions qui eurent lieu en juin 1879, à l'*Institution of Mechanical Engineers*, à la suite d'une communication de l'auteur de ces lignes sur l'application du système Compound aux locomotives[1], alors que la plupart des membres qui y prirent part semblaient apprendre avec plus d'étonnement que de sympathie qu'on faisait en France des locomotives Compound, et que des chemins de fer y étaient régulièrement exploités avec ces machines, M. Webb fut à peu près le seul à approuver la chose et à témoigner sa confiance. Il vient de construire une locomotive Compound dont voici la disposition qu'on comprendra d'ailleurs facilement au moyen des petits diagrammes que







nous donnons ci-dessous et qui représentent une élévation latérale, un plan et une coupe transversale.

La machine est, comme chaudière, roues et essieux, du type ordinaire des

1. Voir *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers*, juin 1879, page 350.

machines à voyageurs du London and North-Western, qui est sensiblement celui de la machine exposée, à Paris en 1878, par MM. Sharp Stewart et Cie. L'essieu à grandes roues en arrière du foyer est commandé par une paire de cylindres extérieurs *a a* de $0^m,292$ de diamètre et $0^m,610$ de course fixés aux longerons entre les roues d'avant et les roues du milieu, tandis que l'essieu du milieu est commandé au moyen d'un coude central par un cylindre b^2 de $0^m,660$ de diamètre et $0^m,610$ de course placé dans le bas de la boîte à fumée et dans l'axe longitudinal de la machine. Le rapport des volumes des cylindres d'admission et du cylindre de détente est ainsi 2.55. La vapeur de la chaudière arrive directement dans les deux cylindres latéraux, et, après avoir agi sur les pistons, passe, par des tuyaux contenus dans la boîte à fumée où ils sont en contact avec les gaz de la combustion, au cylindre central. L'échappement de celui-ci se fait à la manière ordinaire dans la cheminée.

La distribution se fait aux deux cylindres par le système Joy, qui évite l'emploi d'excentriques et cette disposition a permis de donner une grande longueur aux fusées des essieux. La pression à la chaudière est de 9 kilogrammes et on a environ 3.5 au réservoir intermédiaire.

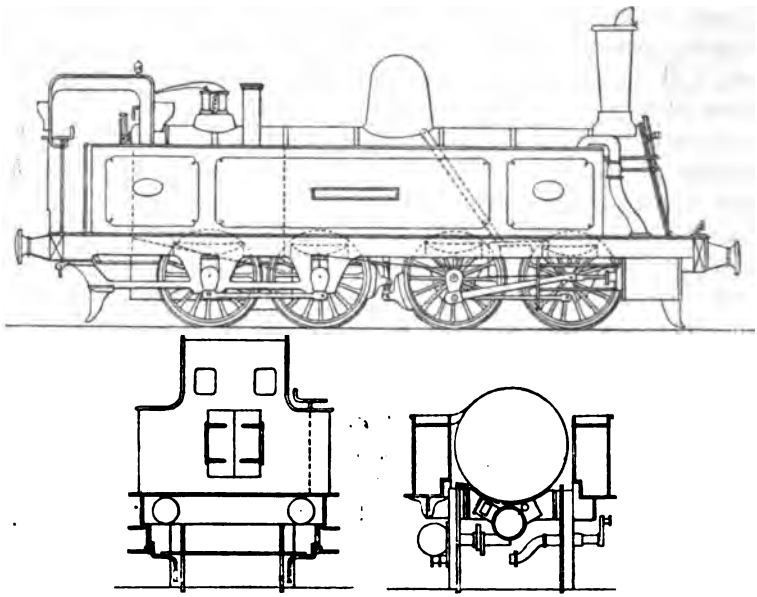
Voilà pour la description générale de la machine. Quant aux résultats obtenus, nous devons nous en rapporter à quelques indications sommaires données par M. Webb dans un dîner d'Association qu'il présidait à Manchester, le 11 février. Cette machine, baptisée l'*Experiment*, a, le lendemain de sa sortie des ateliers de Crewe, fait le train de la malle d'Irlande, parti de Euston Station à 7 h. 15 du matin et arrivé à Holyhead à 1 h. 40 et elle en est repartie à 3 heures pour arriver à Londres le soir.

La production de vapeur a été telle que les soupapes ont soufflé pendant tout le trajet, et on a dépensé, allumage compris, 6 k. 63 de combustible par kilomètre. Comme c'était le premier voyage de la machine et que les hommes qui la conduisaient avaient affaire pour la première fois à une machine de ce genre, ce résultat est très satisfaisant.

M. Webb considère une économie de 20 pour 100 comme probable et insiste sur ce point qu'il avait déjà signalé comme un avantage sérieux, lors de la discussion à laquelle nous avons fait allusion à l'*Institution of Mechanical Engineers*, que, dans un parcours de 840 kilomètres presque sans arrêt, aucune pièce de cette machine sortant de l'atelier n'a manifesté de tendance à l'échauffement.

Cette application est évidemment très intéressante; toutefois on peut signaler son caractère composite, puisque l'emploi du fonctionnement Compound y est combiné avec la suppression de l'accouplement. Comme le fait remarquer un journal anglais, le remplacement de deux bielles d'accouplement par un cylindre à vapeur, son tiroir et son mécanisme constituent-ils une solution bien rationnelle? On peut invoquer à ce sujet une expérience faite sur une très grande échelle par notre éminent et regretté collègue Petiet, où la division du mécanisme entre deux groupes de deux cylindres chacun a révélé certaines difficultés inattendues et a été

en définitive abandonnée. Sans discuter ici la question, il nous paraît au moins de toute justice de rappeler que la solution composite de M. Webb n'est pas absolument nouvelle et que notre collègue M. Jules Morandière peut revendiquer l'honneur de l'avoir proposé le premier à peu près sous la même forme. Les croquis ci-dessous représentent sa disposition publiée par l'*Engineering*, dans son numéro du 23 novembre 1866, et reproduite



dans le *Handbuch für Specielle Eisenbahn Technik* de Heusinger von Waldegg, volume III, page 894. C'était un avant-projet pour le *Metropolitan* de Londres. Voici la traduction de l'article de l'*Engineering*. « M. Jules Morandière, du chemin de fer du Nord, a récemment proposé, pour faire la traction des trains lourds de voyageurs, tels que ceux de nos lignes métropolitaines, une disposition de locomotive à trois cylindres que nous représentons sur les dessins ci-joints. Dans cette machine, M. Morandière propose d'utiliser le poids total pour l'adhérence et dans le but d'éviter l'accouplement d'un trop grand nombre d'essieux, il dispose ceux-ci en deux groupes, chacun composé de deux essieux. Le groupe d'avant est commandé par une paire de cylindres extérieurs disposés comme d'habitude, tandis que l'essieu d'avant du groupe d'arrière est commandé par un cylindre intérieur disposé sous la chaudière et actionnant un coude central. Les roues d'arrière sont accouplées par des manivelles extérieures, tandis que le groupe d'avant a les fusées intérieures aux roues. M. Morandière propose d'admettre d'abord la vapeur de la chaudière dans le cylindre central qui commande les roues du groupe d'arrière, puis de l'envoyer de là se détendre dans les cylindres extérieurs qui commandent les roues du

groupe d'avant. La machine est disposée pour fonctionner à condensation dans les caisses à eau latérales comme les machines du Metropolitan, et, pour qu'on ait une plus grande puissance disponible au démarrage, on peut envoyer à volonté directement la vapeur de la chaudière dans tous les cylindres. »

On voit que l'arrangement des cylindres de M. Webb est l'inverse de ceux de M. Morandière, mais le principe sur lequel sont établies les deux machines n'en est pas moins exactement le même, c'est-à-dire l'emploi de deux séries de cylindres actionnés successivement par la même vapeur et commandant chacun des essieux ou groupes d'essieux sans accouplement par organes mécaniques entre eux.

Un fait assez original à signaler est le suivant. L'insertion dans l'*Engineering* du projet de notre collègue attira à ce journal une lettre publiée dans le numéro du 30 novembre 1866, et dans laquelle le correspondant termine des critiques assez aigres sur le projet par la plaisanterie suivante : « Si c'était une machine anglaise, son vrai nom ne serait-il pas *Puffing Billy* ? » Pour bien comprendre cette épigramme d'Outre-Manche, il faut se rappeler que le nom de *Puffing Billy* ayant été donné à une des locomotives primitives de Stephenson à cause du bruit que causait les bouffées de vapeur qui s'échappaient des cylindres dans la cheminée, il y a un jeu de mot sur le mot *Puffing* qui doit être pris ici dans le sens peu flatteur de *pouf*, dont le véritable équivalent français est le mot vulgaire de *blague*. Aujourd'hui certains journaux techniques anglais proclament que ce n'est pas trop de dire que de toutes les nombreuses dispositions de locomotives Compound qui ont été proposées et patentées, celle de M. Webb est de beaucoup (*immeasurably*) la meilleure. Il n'y a pourtant entre l'*Experiment* et le prétendu *Puffing Billy* que quelques différences de détail, mais il y a surtout seize années de distance.

Nous ajouterons pour compléter cet exposé de quelques applications récentes du principe Compound aux locomotives à l'étranger que M. Schichau, d'Elbing, a construit une ou deux machines à marchandises pour la ligne de Marienberg-Mlawka et que M. Struwe de Kolomna a fait l'année dernière une machine à six roues couplées et à trois cylindres, un admetteur au centre et deux détendeurs à l'extérieur, tous les trois agissant sur le même essieu.

Enfin, l'Exposition de Moscou, qui doit s'ouvrir le 1er juin, contient une locomotive Compound exposée par la compagnie des chemins de fer Sud Ouest Russes. C'est une machine à voyageurs à trois essieux dont deux couplés, construite primitivement par la maison Cail et transformée en Compound dans les ateliers de Kiew, d'après les dessins de l'auteur de ces lignes et sur l'initiative de M. l'ingénieur en chef Borodine. Cette machine a fait un an de service régulier et a été soumise à une série extrêmement complète d'expériences avant d'être envoyée à l'Exposition.

Un chemin de fer à voie étroite. — Nous trouvons, dans le *Rail-*

road Gazette, quelques chiffres intéressants sur un chemin de fer à voie étroite récemment établi en Virginie et qui s'appelle *Norfolk and Océan View Railroad.* Il va de Norfolk au bord de la baie de Chesapeake, près de la forteresse Monroe. En été, il transporte énormément de promeneurs, mais en hiver, il n'y a qu'un service très limité, surtout des marchandises. La voie a 1,08 d'écartement, les rails pèsent 15 kilogrammes le mètre courant. Le matériel de traction se compose de deux machines pouvant aller dans les deux sens du type dit *double-enders* avec les caisses à eau sur la chaudière, cylindres de $0^m,202$ de diamètre et $0^m,405$ de course, roues de $0^m,915$, construites par T. W. Goodwin et Cie, à Norfolk. Les wagons pèsent vides 3,000 kilogrammes et peuvent porter 9 tonnes.

On brûle de l'anthracite qui coûte 30 francs la tonne, et on emploie pour le graissage de l'huile de Virginie qui revient à 0 fr. 55 le litre.

En janvier 1882, le parcours total a été de 2,250 kilomètres, ce qui fait en moyenne 1,125 par machine.

La dépense de charbon a été de 3 1/2 kilogrammes, par kilomètre de parcours. Les dépenses de traction s'établissent comme suit par kilomètre.

Conduite.	0 fr.	243
Combustible.	0	106
Fournitures diverses.	0	043
Réparations	0	043
Total. . .	0	435

Il est indiqué que ces trains se composent en moyenne de quatre voitures chargées, mais il n'y a aucune indication sur le profil.

Une cause d'avaries dans les machines Compound marines. — A la suite d'une avarie assez grave, arrivée aux machines du cuirassé l'*Océan*, le 31 octobre 1881, M. l'inspecteur général du génie maritime Marielle a fait à M. le ministre de la marine un rapport que reproduit la *Revue Maritime et Coloniale* et dont nous croyons intéressant de donner la substance.

Les avaries constatées dans la machine de l'Océan (machine Compound à trois cylindres horizontaux dont l'admetteur au milieu et les détendeurs de chaque côté), sont :

1° La rupture complète, en morceaux détachés de la région inférieure du piston du cylindre arrière, corps du piston, couronne et bagues, sur une superficie dépassant le quart de celle du piston;

2° Une fêlure du piston du cylindre avant, fêlure sensiblement rectiligne de $0^m,53$ de longueur;

3° Un gauchissement notable des tiges des pistons des cylindres avant et arrière.

L'avarie s'est produite à 2 h. 15 du matin, mais depuis la veille, on entendait des bruits sourds et des chocs périodiques dans les cylindres et les purges à la cale des cylindres avaient donné passage à des matières

dures ayant l'apparence de briques, noires en dehors et blanches à l'intérieur quand on brisait les morceaux. On avait, au commencement du voyage, constaté de violents entraînements d'eau qui, après vingt-quatre heures, avaient disparu.

Lorsqu'après l'avarie, on pénétra dans le cylindre arrière, on trouva, dans la partie inférieure du fond et dans le voisinage de la cassure du piston, un fragment de gâteau très dur et adhérent au fond, remplissant exactement la profondeur de l'espace mort et sur lequel la couronne du piston s'était imprimée ; ce fragment pesait 2k,450; on a également trouvé d'autres fragments qui portent le poids total à plus de 5 kilogrammes. L'analyse chimique de cette matière, faite à la pharmacie du port de Brest, a démontré qu'elle était composée essentiellement des sels de l'eau de mer. Voici, en effet, les résultats de l'analyse :

Eau (absorbée par hygrométrie)	15,00
Sels divers de l'eau de mer.	77,60
Composés insolubles de fer et d'alumine. . . .	6,15
Silice, charbon, matières organiques	1,25
	100,00

M. Marielle fait observer que le fait de la formation rapide, dans les cylindres de détente des machines Compound, de dépôts salins plus ou moins considérables et aussi de gâteaux de sel pilonnés par les pistons, s'est déjà produit, depuis quelques années, un certain nombre de fois en cours de campagne, et il y a eu des exemples, rares heureusement, d'avaries très graves qui leur sont attribuables. On peut citer la rupture des tiges de piston du cylindre avant du *Cher* cassées par suite de la présence dans le cylindre d'un dépôt salin épais de plusieurs centimètres; une avarie de même nature arrivée au croiseur, *le Laclocheterie*, et causée par une galette de sels pesant 40 kilogrammes présente dans le fonds du cylindre. Des dépôts de ce genre ont été trouvés dans les cylindres de détente de l'*Annamite* et du *Tourville*.

Quelle explication donner de la formation rapide de ces dépôts abondants ? Voici ce que dit à ce sujet M. Marielle, en exprimant le vœu que son explication soit soumise à la discussion et au contrôle des plus autorisés parmi les ingénieurs qui se sont particulièrement occupés du fonctionnement pratique des machines.

« Quand les machines fonctionnent à *petite allure*, ce qui était le cas de l'*Océan*, la tension de la vapeur dans les deux cylindres de détente est inférieure à la pression atmosphérique, même pendant la période d'admission. Par suite, la vapeur sortant du cylindre milieu arrive dans les deux autres assez fortement chargée d'humidité, et, une partie de cette vapeur se condensant pendant qu'elle se détend dans ces cylindres, ceux-ci se trouvent contenir une assez notable quantité d'eau. Une partie de cette eau libre est refoulée par le piston qui l'expulse au condenseur, en la faisant passer à

travers le tiroir, mais il reste toujours dans le cylindre, au moment où le piston arrive à l'extrémité de sa course, une quantité d'eau logée dans les espaces morts. De là, résultent dans les cylindres, des claquements plus ou moins prononcés qui peuvent faire croire à des entraînements d'eau provenant des chaudières.

« Or, cette eau de condensation, non expulsable pour ainsi dire, et dont le volume peut égaler celui des espaces morts, reçoit d'une manière continue les sels solubles et insolubles que la vapeur humide apporte des chaudières dans une proportion variable avec le degré de saturation dans ceux-ci, et elle en garde tous ceux qui ne sont pas entraînés à bout de course par l'expulsion partielle à travers le tiroir. Donc, elle tend à se saturer de plus en plus et à recueillir, par voie de précipité, les matières ou composés insolubles qui sont à l'état de suspension. Cette tendance à la saturation complète et à la formation de dépôts composés des sels de l'eau de mer et de toutes les matières insolubles, détermine assez vite, en raison de la continuité d'action, la coagulation d'une sorte de pâte dont la masse qui s'accroît sans cesse, finit par opposer au refoulement de chaque coup de piston une certaine résistance. Après avoir été ainsi triturée et pilonnée et sous l'influence de nouveaux apports de sels, la pâte devient un véritable gâteau consistant susceptible d'une grande dureté et qui, dès lors, peut amener en quelques instants la rupture du piston ou celle des tiges, ou encore, celle du fond du cylindre. Le gâteau salin, ayant conservé presque jusqu'au dernier moment une élasticité relative, a reçu les chocs du piston, en produisant seulement des bruits sourds, peu alarmants en apparence et dont l'importance ne peut être appréciée si l'attention n'est pas appelée spécialement sur la cause probable de leur origine. C'est pour cela que, à bord de l'*Océan*, comme à bord du *Cher* et du *Laclocheterie*, on s'est trouvé surpris, sans s'en douter, par la catastrophe finale.

« Pour remédier à l'inconvénient pouvant devenir un grand danger de la formation de ces dépôts salins, il suffit de purger assez souvent, non pas à la cale, mais au condenseur, parce que le courant d'entraînement qui en résulte est tel, que non seulement il expulse l'eau et les matières solides avant leur aggrégation, mais encore il peut désaggréger les gâteaux en voie de formation. Mais, n'ayant pas de purge au condenseur sur l'*Océan*, on s'est borné à purger à la cale, lorsqu'on a commencé, peu après le départ de Cherbourg, à percevoir de petits claquements qui étaient dus à la présence de l'eau de condensation dans les cylindres de détente. Dans ce cas, la pression étant moindre au dedans qu'au dehors, l'air extérieur entre dans le cylindre, ce que constate le sifflement de la purge ; ces rentrées d'air, qui ont été considérables, parce que les purges étaient ouvertes très fréquemment et parfois même en permanence, avaient pour effet de refroidir le cylindre, d'augmenter la quantité d'eau de condensation et d'accroître la dépense de vapeur, ce qui tendait à apporter plus de sels. Quant à l'eau qui sortait par les purges, elle était peu abondante, sans aucune force de projection et chargée de sels ; aussi, en déposait-elle beau-

coup dans le tuyau de la purge, au point de l'obstruer parfois complètement au-dessus et au-dessous du robinet. Le dégagement s'opérait laborieusement au moyen d'outils appropriés et on retirait alors quelques aggrégats salins épars ou déjà durcis. »

M. Marielle conclut qu'il n'y a pas eu de responsabilités encourues par les services à terre ou à bord, et que la formation rapide de dépôts salins considérables dans les cylindres à basse pression des machines Compound, phénomène peu connu et incomplètement expliqué, est la seule cause de l'accident. Il propose, en tout cas, pour en prévenir le danger, de disposer les purges des cylindres de détente, pour purger à volonté à la cale ou au condenseur, aussi bien dans le cas des machines à condenseurs à injection que dans celui des machines à condenseurs tubulaires. On recommandera aux mécaniciens de ne purger en route qu'au condenseur, même dans le cas d'entraînement d'eau aux chaudières.

Nous n'avons pas l'intention de discuter ici les explications données par M. l'inspecteur général Marielle, explications sur lesquelles il paraît faire lui-même quelques réserves. Il est évident que le sel trouvé dans les cylindres vient des chaudières, mais comment se dépose-t-il dans les cylindres à basse pression et non dans le cylindre à haute pression ; la condensation considérable, effectuée dans les premiers récipients pour les causes indiquées dans le rapport, semble impliquer le non-fonctionnement des enveloppes de vapeur qui existent aux cylindres de l'*Océan*.

Est-il admissible que la vapeur, à l'état de vapeur, puisse entraîner une aussi grande quantité de particules salines, et si, comme c'est probable, il y a eu des projections d'eau énormes, comment ne s'en est-on pas aperçu au premier cylindre? De plus, l'emploi de la détente en cylindres séparés, ayant précisément pour effet de réduire les condensations intérieures dans les cylindres, comment ce phénomène ne s'est-il jamais produit dans les machines ordinaires où cette condensation doit être plus grande? En tout cas, il serait extrêmement intéressant de savoir si des faits de ce genre ont été signalés dans les marines étrangères, surtout en Angleterre où les machines Compound se comptent par milliers, et, dans l'affirmative, quelles ont été les circonstances des accidents et les explications qui en ont été données.

Le différend au sujet du tunnel du Gothard. — On n'ignore pas qu'il s'est, au sujet du règlement des travaux du tunnel du Gothard, élevé entre la Compagnie du chemin de fer et l'entreprise des travaux un différend qui est entré dans une voie très aiguë. Ce regrettable incident a excité en Suisse dans les cercles techniques une vive émotion et nous croyons ne pouvoir la faire mieux apprécier qu'en reproduisant la lettre adressée à ce sujet au conseil fédéral par la Société vaudoise des Ingénieurs et Architectes dont font partie un certain nombre de nos Collègues.

Au haut Conseil fédéral de la Confédération Suisse.

Monsieur le Président et Messieurs,

Une grande entreprise nationale vient d'être amenée à son terme, le souterrain du Gothard est aujourd'hui achevé et livré à la locomotive.

Notre Société a suivi avec intérêt, dès ses débuts, cette entreprise à travers ses diverses phases; plusieurs de ses membres en ont visité les travaux: ils ont pu ainsi apprécier les difficultés sans nombre qui ont signalé cette construction et qui n'ont cependant point abattu le courage des hommes de mérite qui y ont attaché leur nom.

Le tunnel du Gothard, par son étendue, par la nature des roches traversées, par l'abondance des eaux d'infiltration, par ses installations mécaniques perfectionnées, a été une grande école d'application du génie civil, et, à ce titre, il sera un monument scientifique dont la Suisse pourra se féliciter à bon droit.

Mais ce sentiment sera-t-il assombri par la pensée que cette œuvre sera à la fois la gloire et la ruine de ceux qui l'ont menée à bonne fin? Sera-t-il dit que tant d'efforts héroïques, tant de dévouements soutenus seront récompensés par la confiscation du cautionnement de l'entreprise Louis Favre au profit de la Compagnie du Gothard?

Informée de l'éventualité qui se présente et des conséquences que ce conflit pourrait avoir pour l'honneur de la Suisse, la Société vaudoise des Ingénieurs et Architectes, dans sa séance du 21 janvier, a décidé de s'associer à la démarche des membres de la section bernoise, et exprime le vœu et l'espoir que le haut conseil fédéral suisse voudra bien user de son influence auprès des parties en litige et des administrations intéressées, afin d'obtenir une solution amiable du différend.

Nous avons donc l'honneur, Monsieur le Président et Messieurs, de vous faire part de ce désir conformément à la décision de notre Société et nous vous prions d'agréer l'expression de notre profond respect.

Lausanne, le 25 janvier 1882.

Au nom de la Société vaudoise des Ingénieurs et Architectes.

Le Président,
Signé : Louis Gonin, Ingénieur.

Le Secrétaire,
Signé : Henri Verrey, Architecte.

L'origine de la machine à coudre. — La chronique de décembre 1881, contenait un résumé de la note... *le Développement de la mécanique industrielle depuis cinquante ans*, présentée à l'Association Britannique par Sir Frederick Bramwell dans lequel figuraient page 641 les lignes suivantes. « Il ne faut pas oublier dans un ordre d'idées plus modeste, une petite machine dont l'influence sur l'industrie domestique a été considérable, la machine à coudre. En 1831 on ne connaissait que la couture à la main.

« En 1846, Eldred Walker patenta une machine pour coudre les parapluies, qui était très simple et très ingénieuse, mais qui ne rappelait aucunement la machine actuelle. »

A ce sujet, notre collègue M. Édouard Simon veut bien nous adresser la rectification suivante : « Les dernières lignes pourraient laisser croire que la machine à coudre est d'invention anglaise tandis qu'elle fut créée par un Français, Thimonnier. Bien plus, dès 1830, la machine de notre compatriote fonctionnait avec succès. Une société formée pour l'exploitation du brevet pris au nom de MM. Thimonnier et Ferrand, de Lyon, le 17 juillet 1830, avait monté, la même année, un certain nombre de machines, à Paris, dans la rue de Sèvres. Malheureusement une émeute d'ouvriers tailleurs fit abandonner l'entreprise.

« Les rapports des jurys internationaux aux expositions universelles ayant consacré les droits de Thimonnier, il paraît inutile d'insister davantage sur cette revendication. »

Locomotive à quatre cylindres système Shaw. — Dans l'article consacré à cette machine dans la chronique de décembre, page 643 nous avons indiqué par erreur qu'il avait été construit douze machines à quatre cylindres pour les chemins de fer autrichiens de l'État. Il a été en effet, construit douze machines du type général auquel appartenait la machine *Duplex*, exposée à Vienne en 1862, mais cette seule machine avait quatre cylindres, les onze autres n'en avaient que le nombre ordinaire. Il était important de faire cette rectification qui réduit l'application à la proportion d'une simple expérience.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE.

DÉCEMBRE 1881.

Rapport de M. PIHET sur un **monte-charge** présenté par M. POIROT.

Cet appareil, que l'inventeur désigne sous le nom de chariot-monte-charge, est spécialement destiné au chargement et au déchargement des colis sur

les camions. Il s'applique également partout où l'élévation ne dépasse pas 1m,200.

A côté de la facilité que cet appareil offre pour l'élévation de la charge, il a l'avantage de pouvoir la transporter.

Il se compose principalement d'un châssis, très peu élevé au-dessus du sol, porté sur quatre petites roues, dont deux font partie d'une manière d'avant-train. Sur ce châssis s'articulent les quatre bras d'un parallélogramme réunis deux à deux et portant une plate-forme sur laquelle se pose le fardeau à manœuvrer. Un treuil spécial, fixé au châssis, agit sur une corde qui soulève ou abaisse, suivant le besoin, le parallélogramme.

On abaisse la plate-forme jusqu'à ce qu'elle ne soit qu'à 0m,20 ou 0m,25 au-dessus du fardeau. Il suffit alors d'approcher le chariot contre le camion à charger ou à décharger.

L'inventeur a étudié quatre types correspondant à des charges de 250, 500, 1,000 et 2,000 kilogrammes.

Rapport de M. Pihet sur une **Machine à gerber**, de MM. Poirot et Chertemps.

C'est une grue à élever les fardeaux, spécialement appliquée à la manœuvre des tonneaux, appareil qui porte le nom de machine à gerber. Le type dont il s'agit ici se compose d'un chariot-base à quatre roues dont deux forment avant-train; sur le milieu de cette base s'élève une petite colonne conique autour de laquelle tourne la flèche de la grue et son mécanisme. La flèche s'incline pour prendre et élever les tonneaux. Un secteur denté engrenant avec une vis sans fin mue par une manivelle abaisse ou relève la flèche. Cet abaissement permet de faire passer l'appareil par les portes les plus basses. Un contrepoids fixé au secteur denté fait équilibre à la flèche et en partie à la charge. On voit qu'il n'y a ni chaîne ni cliquet d'arrêt, ce qui donne une grande sécurité, car il suffit qu'on lâche la manivelle pour que la charge reste suspendue.

Rapport de M. Bunel, sur un **Verrou à levier articulé et gâche mobile**, de MM. Bricard frères.

Rapport de M. Simon sur la **Nouvelle étude sur l'unification du numérotage des fils**, par M. Musin.

Notice sur M. Dubrunfaut.

Production économique du gaz pour les moteurs à gaz, par M. Dowson (Extrait d'une communication faite à l'Association britannique, à York.)

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES.

DÉCEMBRE 1881.

Note sur la **Poussée de terres** avec et sans surcharges, par M. DE LAGRENÉ, Ingénieur en chef des ponts et chaussées.

L'auteur a cherché à résumer les principes utiles dans la pratique pour la poussée des terres et le calcul des murs de soutènement et à donner une indication claire et simple des calculs ou des épures nécessaires.

Il a de plus étudié le cas particulier d'un terre-plein uniformément chargé, cas dont il n'a trouvé, dit-il, nulle part une solution bien nette.

L'auteur donne des exemples de l'application des calculs de stabilité et indique des moyens de se procurer la valeur de φ qui représente l'angle du talus naturel des terres avec l'horizontale et de ρ qui est la densité du remblai.

Pour cela on prend une caisse étanche d'environ $1^m,50$ de largeur sur 2 mètres de longueur et $1^m,20$ de hauteur, placée bien horizontalement. On a une seconde caisse sans fond que l'on pose sur le fond de la précédente, en laissant au pourtour un intervalle de $0^m,18$ de largeur. Dans la caisse intérieure est placé à sec un massif du remblai à étudier et on lui fait subir les mêmes façons (pilonnage par couches, etc.) qu'au remblai futur à faire en arrière du bajoyer, et on lui laisse prendre son talus naturel. On introduit ensuite de l'eau dans l'entre-deux des caisses en imitant la montée d'une crue, c'est-à-dire en mettant l'eau doucement et en ne la faisant monter, par exemple, que de $0^m,10$ par jour.

Quand l'eau, pénétrant par-dessous la caisse sans fond, a couvert le sommet du massif de remblai, on la laisse séjourner quelques jours, puis on la retire avec les mêmes précautions en imitant la vitesse maximum du rabais d'une crue, soit $0^m,50$ par jour.

Quand l'eau est partie, le massif a pris un nouveau talus dont on mesure l'angle avec l'horizon, cet angle est l'angle φ que l'on cherche. On pèse, en outre, un certain volume de la partie encore bien détrempée du massif et on en déduit la valeur de ρ.

On a ainsi trouvé pour des terres franches employées à Meulan : $\varphi = 24°\,13'$, $\rho = 1860$ kilogrammes; pour des remblais graveleux de Saint-Fabin, $\varphi = 30°$, $\rho = 1800$ kilogrammes; pour des terres franches à Notre-Dame-de-la-Garenne, $\varphi = 35°$, $\rho = 1850$ kilogrammes; pour du gravier mêlé de sable, $\varphi = 30°$, $\rho = 1580$ kilogrammes; pour du gravier mêlé de

sable $\varphi = 30°$, = 2150 kilogrammes; pour des terres sablonneuses à Poses, $\varphi = 36° 4'$ et $p = 1534$ kilogrammes.

Ces variations montrent que le choix des terres placées en arrière des bajoyers et des murs de quais n'est pas sans importance.

Des droits de vue sur les francs-bords des canaux de navigation, par M. Doussot, ingénieur en chef des ponts et chaussées.

Il s'agit des droits de vue sur les chemins de halage des canaux de navigation creusés de main d'homme; il y a divergence sur ce point.

L'auteur émet l'opinion que les riverains des canaux ont le droit d'ouvrir sur les chemins de halage des vues droites ou obliques, même à la limite séparative du domaine public; mais qu'il leur est interdit de pratiquer des portes d'accès dans les bâtiments en bordure ou d'y établir des balcons et autres constructions en saillie.

Une note indique que la théorie soutenue par l'auteur n'est pas celle qui a prévalu jusqu'ici et qu'elle ne constitue qu'une opinion personnelle à l'égard de laquelle la Commission des *Annales* décline toute responsabilité.

Note sur les **Cylindrages** par M. Thanneur, ingénieur des ponts et chaussées.

Le but de cette note est de faire connaître les moyens qu'on emploie dans l'arrondissement de Coulommiers pour réduire autant que possible les frais de la main-d'œuvre des cylindrages.

On emploie des cylindres à chevaux dont les gros pèsent plus de 4,500 kilogrammes et les petits moins.

Depuis 1878, les cylindrages se font, soit en régie à la journée ou à l'heure, soit en régie à la tâche, au moins pour la traction, l'administration se chargeant du répandage des matériaux.

Le travail en régie à la journée ou à l'heure n'est pas à recommander, et on arrive à payer plus cher; le travail en régie à la tâche est bien préférable, mais il faut un moyen de contrôle et de surveillance efficaces. Ce moyen consiste dans le règlement de la vitesse de marche et dans la constatation, à chaque moment de l'opération, des éléments nécessaires pour arriver à la connaissance de cette vitesse.

La vitesse peut atteindre sans inconvénient $0^m,84$ par seconde sur les pentes faibles, et $0^m,66$ sur les pentes fortes, ce qui fait respectivement 2 et 2 1/2 minutes par 100 mètres.

Le surveillant doit tenir une feuille d'attachement qui indique le temps employé, le nombre des tours du cylindre et le temps perdu à chaque tour.

Le conducteur ou l'agent voyer dresse avec ces résultats le procès-verbal de cylindrage qui contient notamment la longueur et la largeur de la partie cylindrée, le cube de pierres employé, l'épaisseur du rechargement avant le cylindrage, la pente, le nombre de passages du cylindre, le chemin total

parcouru, les dépenses de fournitures, etc., ainsi que le prix des matériaux par mètre cube et par mètre carré de surface cylindrée, et enfin le calcul de la vitesse de marche qui, si elle est exagérée, amène, sur la somme due au tâcheron, la déduction de la valeur du chemin fait considéré comme inutile.

En somme, le prix moyen du mètre carré de 1875 à 1878 étant de 1 fr. 27, l'adoption de la feuille d'attachements l'a fait descendre, en 1879, à 3 fr. 33, et en 1880, à 3 fr. 30.

Ces chiffres s'appliquent aux routes nationales ; sur les routes départementales, les chiffres correspondants ont été 1 fr. 02, 3 fr. 13 et 3 fr. 26.

Le mémoire contient quelques considérations sur les cylindrages à vapeur comparés aux cylindrages à traction de chevaux.

On peut, aux environs de Paris, faire des cylindrages par chevaux à raison de 3 fr. 35, en nombre rond, par mètre cube de pierres cassées, y compris l'achat et l'entretien du matériel, le repandage des pierres, l'arrosage, l'apport du cylindre au lieu d'emploi, la surveillance, etc. On a trouvé un chiffre presque double dans l'arrondissement de Meaux avec un cylindre à vapeur; il faut avec ce dernier dépenser pendant le chômage de l'appareil et les frais d'entretien sont très élevés; on ne peut guère, dans les années de sécheresse, compter sur plus de 150 jours de travail par an, et par ces raisons et d'autres, pour lesquelles nous renvoyons au mémoire, l'auteur pense que, tout au moins pour les circonscriptions cantonales, si ce n'est même pour les arrondissements, il est peu probable que le cylindre à vapeur puisse remplacer utilement le cylindre à chevaux.

Le mémoire se termine par de nombreux documents, tels que relevés de cylindrages effectués dans l'arrondissement de Coulommiers, instructions générales pour l'exécution des cylindrages, dans le département de Seine-et-Marne, feuilles d'attachements, procès-verbaux de cylindrage, conventions pour l'exécution en régie à la tâche de la traction des cylindres, etc.

ANNALES DES MINES.

5e *livraison de* 1881.

Note sur **les explosions** survenues dans les houillères de Seaham et de Penycraig, par M. AGUILLON, ingénieur des mines.

Il s'agit des explosions des 8 et 10 décembre 1880, qui ont fait l'une 164

et l'autre 101 victimes, et où on a attribué un rôle important aux poussières charbonneuses.

L'auteur, après avoir étudié en détail les circonstances de ces explosions, est d'avis que la manière dont les travaux étaient disposés et conduits a pu contribuer dans une certaine mesure aux accidents, surtout pour le second, et qu'il est permis de trouver que les deux, malgré les recherches spéciales auxquelles ils ont donné lieu et les théories qu'ils ont fait éclore, n'apportent aucun document bien positif sur le rôle réel des poussières dans les explosions des houillères.

Note sur les **appareils de contrôle** et de surveillance de l'aérage des mines, par M. AGUILLON, ingénieur des mines.

C'est un rapport qui a été fait par l'auteur à la commission du grisou, sur les divers appareils à recommander ou tout au moins à indiquer pour le contrôle et la surveillance de l'aérage des mines.

Ces appareils sont relatifs à la mesure des volumes, des dépressions et de la vitesse des machines.

Dans les premiers figurent: les anémomètres à ailettes, l'anémomètre multiplicateur de M. Bourdon qui, avec quelques modifications, peut donner, comme l'avait indiqué M. Le Chatelier, une solution tout à fait pratique, simple et élégante, du jaugeage du courant d'air général d'une mine, et l'appareil Murgue pour mesurer les volumes.

Dans la seconde série, sont indiqués: le tube manométrique en U, le manomètre à aiguille de M. Ochwaldt, employé dans les mines royales de Sarrebrück, les mouchards des mines belges, l'appareil indicateur de pression à sec, emprunté au matériel des usines à gaz, et les appareils propres à mesurer la dépression d'un anémomètre Bourdon. Enfin, dans les appareils de contrôle de la marche des machines, le rapport signale: le tachymètre Buss, le cinémomètre Jacquemier et le tachymètre Napoli.

Étude sur l'**application de la ventilation artificielle** à l'aérage du tunnel du Mont-Cenis, par M. F. DE KOSSUTH.

L'auteur, partant du principe que la ventilation actuelle du tunnel du Mont-Cenis est insuffisante, propose de fermer une des extrémités du tunnel avec une porte mobile, d'ouvrir, dans le flanc du tunnel, à peu de distance de cette porte, une conduite de large section, et d'appliquer sur cette conduite un ventilateur aspirant d'un modèle quelconque. Il trouve que, pour extraire 84 mètres cubes par seconde, il faudrait théoriquement 160 chevaux, soit 224 avec un rendement pratique de 75 pour 100, alors qu'on dispose à Bardonnèche d'une force hydraulique plus que double.

De la composition et de la température **des gaz des hauts fourneaux**, par M. A. JAUMAIN, ingénieur de la Société la Providence.

ntsmplaçant

Appui X m

60 Cinquième Roue du Chariot pour une ouverture de 60 m

Note sur les **hauts fourneaux belges**, par M. GRUNER.

Notice sur la **Burette à gaz** du docteur H. BUNTE, extrait de l'allemand par M. Jaumain.

Note sur l'**autorité compétente**, pour connaître des indemnités dues par un CONCESSIONNAIRE DE CHEMIN DE FER, à raison d'un massif de protection réservé dans une mine pour la sécurité de la voie ferrée, par M. AGUILLON, ingénieur des mines.

COMPTES RENDUS MENSUELS DES RÉUNIONS DE LA SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

RÉUNION DE SAINT-ÉTIENNE, 5 NOVEMBRE 1881.

Communication de M. IMBERT sur l'**usage économique des moteurs à gaz.**

L'auteur rappelle que, dans une machine imaginaire, sans perte par rayonnement et frottement, le rapport de la chaleur utilisée à la chaleur introduite dans le cylindre peut s'exprimer par la formule $\frac{T-T'}{T+273}$ où T est la température initiale et T' la température après condensation. On trouve ainsi qu'avec les températures possibles dans nos machines à vapeur, on ne peut obtenir, même d'une machine théorique, qu'un rendement de 0,2 et d'une machine pratique qu'un rendement de 0,1.

Les machines à gaz présentent un avantage de ce chef, car, si on admet pour la température des gaz après l'explosion 2,500 degrés, et pour la température de l'échappement 300°, le rendement devient:

$\frac{2500-300}{2500+273} = 75\ 0/0$ pour un moteur à gaz théorique.

En pratique, si on essaye de brûler le gaz d'éclairage même à 0 fr. 15 le mètre cube dans une machine à gaz, les dépenses ne sont pas inférieures à celles d'une machine à vapeur de même force. Mais, il n'en serait pas de même si on pouvait employer du gaz préparé spécialement et à bon marché. M. Dowson fabrique dans ce but du gaz à l'eau avec un appareil spécial très simple. Il emploie par mètre cube 142 centimètres cubes d'eau

et 200 grammes d'anthracite ; la force explosive de ce gaz est à celle du gaz de houille comme 1 est à 3,4, mais en pratique, il faut 5 mètres cubes de gaz Dowson pour remplacer un mètre cube de gaz d'éclairage. Les chiffres présentés par M. Dowson indiquent une économie de 45 pour 100 sur la machine à vapeur et de 53 pour 100 sur le gaz ordinaire.

On signale que ces comparaisons sont faites dans certaines hypothèses discutables et qu'un inconvénient grave de ce gaz économique est de contenir 30 pour 100 d'oxyde de carbone qui peuvent rendre son emploi des plus dangereux, en cas de fuites aux conduites placées dans les habitations.

Communication de M. Brunet, sur le **dérasement des roches sous-marines.**

L'auteur donne quelques renseignements sur des extractions de roches sous-marines par la dynamite, à Cette, Lorient et Carthagène; on emploie en moyenne 1 kilog. de dynamite pour 10 mètres cubes de rocher de dureté ordinaire. Au Frioul, on a désaggrégé en une fois un cube total de 10,000 mètres pour l'abatage d'une partie de montagne avec 1,000 kilog. de dynamite en deux mines; la proportion est donc la même dans les travaux sous-marins.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS.

1re LIVRAISON DE 1882.

Précautions à employer pendant le travail pour protéger la vie et la sûreté des ouvriers, par M. Albert Pütsch, ingénieur civil à Berlin.

Calcul des cylindres de laminoirs, au point de vue de la résistance au laminage, par M. Haedicke, ingénieur à Hagen.

Système combiné de traction de Abt, pour chemins de fer industriels et secondaires, par M. Paulsen, ingénieur à Siegen.

Machine à colonne d'eau à rotation de la fabrique de machines d'Augsbourg.

Notes sur l'Exposition internationale d'appareils fumivores, à Londres, par le professeur C. Bach, de Stuttgart.

Perfectionnements dans les baromètres et thermomètres métalliques.

Microbaromètre.

Dynamomètre s'appliquant directement sur les courroies.

Machine à essayer les tuyaux.

Chauffage au gaz pour chaudières à vapeur.

Four à régénérateur de Dillner.

Four pour cuire les briques vitrifiées et les poteries.

Ventilation des écoles et des habitations, par C. Heuser.

Matière isolante pour câbles télégraphiques.

Emploi du phosphorbronze pour les fils télégraphiques.

Étude sur la fabrication du papier de bois, à Albbruck, par le professeur **C. Bach**, de Stuttgart.

Chemin de fer à câble des mines de soufre de Halberbracht, près Meygen, par **M. Macco**, ingénieur à Siegen.

Le Secrétaire-Rédacteur,

A. MALLET.

PARIS. — IMPRIMERIE E. CAPIOMONT ET V. RENAULT, RUE DES POITEVINS, 6.
Imprimeurs de la Société des Ingénieurs civils.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

MARS 1882

N° 3

Pendant le mois de mars les questions suivantes ont été traitées :

1° *Décès de MM. Friedmann, Lasseron et Orsat.* (Séances des 3 et 17 mars, pages 292 et 308.)

2° *Chemins de fer devant le Parlement* (la question des), par M. Lejeune. (Séance du 3 mars, page 293.)

3° *Aménagement des Eaux* (Théorie générale de l'), discussion. (Séances des 3 et 17 mars, pages 299 et 308.)

4° *Isthme de Krau dans la presqu'île de Malacca* (Percement de l'), par M. Dru (Léon). (Séance du 3 mars, page 303.)

5° *Prix Nozo.* (Séances des 17 et 31 mars, pages 310 et 324.)

6° *Chemins de fer Métropolitains de Vienne, Autriche et de Paris,* par M. Challer. (Séances des 17 et 31 mars, pages 310 et 338.)

7° *Tramways à vapeur de Milan* (discussion sur les). (Séance du 17 mars, page 312.)

8° *Port de mer à Paris* (Améliorations de la Seine et création d'un), par M. Bouquet de la Grye, ingénieur en chef des ponts et chaussées. (Séance du 31 mars, page 324.)

Pendant le mois de mars, la Société a reçu :

De M. Reinhardt, membre correspondant de la Société, une note sur les *Travaux importants projetés, exécutés ou en cours d'exécution pendant l'année* 1881, *en Autriche-Hongrie.*

De M. Méeus, membre de la Société, un exemplaire d'une brochure sur la *Transmission de la force motrice par câbles métalliques.*

De M. Baudry, éditeur, un exemplaire d'une brochure intitulée : *les Chemins de fer et le contrôle de l'État*, par M. X.

De M. Marché, membre de la Société, un exemplaire d'une note sur les *Brûleurs intensifs Siemens Régénérateur.*

Le M. Yvon Villarceau, membre de la Société, un exemplaire de son *Exposé des Méthodes de Wronski et composantes des forces perturbatrices suivant les axes mobiles.*

De M. Loisel, membre de la Société, un exemplaire de son *Annuaire spécial des Chemins de fer belges.*

De M. Mony, membre de la Société, un exemplaire de son *Étude sur le travail.*

De M. Émile Fortin Hermann, un exemplaire de son rapport sur le *Concours ouvert pour l'utilisation des eaux et la création de prairies en* 1881.

De M. Jules Flachat, membre de la Société, un mémoire sur l'établissement des *Travaux sur les terrains vaseux de la Vendée et de l'Aunis.*

De M. Paul Sée, ingénieur architecte, un exemplaire de son ouvrage avec atlas intitulé : *Description des machines et appareils ayant rapport à l'industrie textile.*

De M. Sangberg, membre de la Société, un exemplaire de sa brochure sur la *Spécification et la réception des rails en acier.*

De M. Francq, membre de la Société, un exemplaire d'une brochure sur la *Traction mécanique sur les voies ferrées empruntant le sol de la voie publique.*

De M. Louis Rey, membre de la Société, un exemplaire d'une *Étude historique sur le Pertuis du Viso* d'après des documents inédits du

quinzième siècle, conservés aux archives nationales de Turin, par M. Louis Vaccarone,

De M. Bouchotte, membre de la Société, une note sur l'*Ostréiculture*.

Les Membres nouvellement admis sont :

MM.	Chaillaux,	présenté par	MM. Fayollet, Miston et Vallot (Henri).
	Delaloe,	—	Courtois, Lanier et Laubret.
	Fortin,	—	Delaporte, Douau et Lecocq.
	Guidoux,	—	Banderali, Max Lyon et Villard.
	Josse,	—	Armengaud jeune, Buquet et Fontaine.
	Le Bourhis,	—	Robin, Chiésa et Huguet.
	Piatkowski,	—	Delaporte, Douau et Morandiere.
	Soux,	—	Bocquin, Fèvre et Love (George).
	Tollet,	—	Loustau, Pillet et Émile Trélat.
	Vautheleret (de),	—	De la Berthelière, Cotard et Moreau.

TRAMWAYS EN ITALIE

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

TRAMWAYS A VAPEUR DE MILAN

EMPLOYÉS COMME CHEMINS DE FER D'INTÉRÊT LOCAL

CHEMINS DE FER ÉCONOMIQUES

PAR M. LAVALARD.

La question des chemins de fer d'intérêt local est aujourd'hui à l'ordre du jour, elle préoccupe beaucoup l'opinion publique ; et, tous les documents qui peuvent permettre de l'élucider, nous semblent devoir intéresser toutes les personnes qui considèrent que les dépenses faites pour ces voies spéciales ont toujours été beaucoup trop élevées en présence des recettes que ces lignes secondaires pouvaient donner.

Nous ne parlerons que pour mémoire des résultats désastreux obtenus par les chemins de fer d'intérêt local qui ne peuvent vivre aujourd'hui qu'avec la protection de l'État. Nous ne parlerons pas non plus de ceux qui ont dû être repris par les grandes compagnies, qui, en les absorbant, les ont sauvés de la ruine. Notre intention n'est pas de critiquer tel ou tel système, nous nous contenterons de vous signaler, dans cette note aussi courte que possible, l'expérience que nous avons vu faire, en Italie, d'un nouveau mode de locomotion qui semble avoir donné d'excellents résultats avec des avances de fonds peu considérables. Dans ces trois dernières années, nous nous sommes rendu plusieurs fois en Italie, et nous avons été frappé par le développement que prenait chaque jour l'établissement des tramways à vapeur sur les routes provinciales. Le but de ces tramways, qui devaient d'abord être à traction de chevaux, a été de relier aux grandes artères des voies fer-

rées les communes non encore desservies, de relier entre elles plusieurs communes, et, au besoin, de relier les usines avec les grands centres. Ce but ne pouvait être atteint par l'établissement de chemins de fer ordinaires, par suite de leur construction coûteuse et de leur exploitation trop onéreuse pour des transports aussi peu importants. Les villes du nord de l'Italie ont trouvé un moyen terme en tirant parti de l'emploi des tramways sur l'accotement des routes provinciales. Elles ont établi ainsi à très bon marché des nouvelles voies de communication qui ont apporté aux vraies lignes de chemins de fer un grand nombre de voyageurs et de marchandises.

Ces moyens de locomotion sont devenus tellement pratiques que les Italiens les ont appelés *ferrovie economiche*, c'est-à-dire chemins de fer économiques. C'est ainsi que nous voyons Rome, Turin, Vérone, Vicence et Milan se mettre en communication directe, par ce moyen, avec leurs banlieues, et même avec certaines villes très éloignées. C'est surtout à Milan que revient l'honneur d'avoir essayé la première les tramways sur routes. Dans le courant de l'année 1880, quinze lignes sont demandées pour être exploitées par les tramways à vapeur. Elles représentent environ 250 kilomètres; ces lignes sont presque toutes en exercice, en 1881. Ce sont :

Milano-Gorgonzola-Vaprio.
Milano-Vimercate.
Milano-Monza.
Milano-Circonvallazione.
Milano-Legnano.
Milano-Saronno-Tradate.
Milano-Magenta.
Milano Castano.
Saronno-Camerlata.
Milano-Binasco-Pavia.
Monza-Casate-Novo-Monticello-Barzano.
Milano-Melegnano-Lodi.
Milano-Villa-Fornosi-Treviglio-Bergamo.
Treviglio-Lodi.
Lodi-Crema-Soncino.

Le premier de ces tramways a déjà deux ans et demi d'existence, et il nous sera facile de vous rendre compte des bénéfices réalisés et des

services rendus. C'est donc lui qui nous servira d'exemple et dont nous ferons l'historique complet, afin de vous permettre d'apprécier les résultats que tous ces tramways sont appelés à donner dans l'avenir.

Milan, en dehors de la Compagnie des omnibus (*Società anonima degli omnibus di Milano*), qui seule a des tramways à chevaux, possède cinq compagnies de tramways à vapeur qui ont pris l'exploitation des quinze lignes que nous venons d'énumérer et qui devaient être construites très rapidement.

Nous vous dirons quelques mots de chacune d'elles, en réservant toutes nos observations pour la première, qui est la plus ancienne, puisque, depuis deux ans et demi, elle est en exploitation. Ce sont les cinq compagnies qui portent les noms suivants, comme raison sociale :

1° Tramwys Milano-Gorgonzola-Vaprio, dont nous décrirons tout à l'heure la mise en exploitation.

Directeur-ingénieur : Enrice Radice.

2° Tramways Milano-Saronno-Tradate, qui a en plus une exploitation à Rome et une à Bologne.

Directeur : Giovanni Ravizza.

C'est la plus ancienne, après le tramway Milano-Vaprio.

Elle exploite à Milan deux lignes :

1re	Milano-Saronno-Tradate.	37 kilomètres
2me	Milano-Gallarate	38 —

La mise en service a eu lieu, en 1880, avec 24 machines et 60 voitures.

Cette ligne compte 13 stations, entre Milan et Tradate, et 7 départs se font dans les deux sens, chaque jour. Le parcours se fait en deux heures et quart.

Le prix est de 15 centimes pour la première classe, et de 10 centimes pour la deuxième classe pour chaque section. On entend par section, la distance entre deux localités où il existe des stations ou des haltes ; la longueur d'une section est de 2 à 4 kilomètres environ.

Le prix est pour toute la ligne entière de 1 fr. 65 en première classe et 1 fr. 10 pour la deuxième classe.

Entre Milan et Gallarate, il y a 12 stations, et la progression du prix de la place est la même.

Il est pour toute la ligne, de 2 fr. 25 en première classe, et de 1 fr. 50

pour la deuxième classe. Le parcours se fait en un peu plus de deux heures et demie.

Il y a aussi 7 départs dans les deux sens.

En 1880, les recettes ont été :

pour Milan-Tradate	178,583 fr.	43
pour Milan-Gallarate.	54,908	35
Total pour Milan. . .	233,491 fr.	78

Le nombre des kilomètres parcourus a été de 204,817.

La recette par train-kilomètre a été	1,14
Le coût.	0,814

Le rapport des dépenses aux recettes a été de 71,4 pour 100.

3° Tramway Milano-Magenta-Sedriano-Cuggiono-Castano, 50 à 60 kilomètres.

Directeur-ingénieur : François Bassy.

Cette exploitation a commencé en août 1879. Nous ne pouvons donner que très peu de renseignements sur cette compagnie, car nous n'avons entre les mains que le bilan.

Cette société semble avoir eu beaucoup de mal à s'installer.

Tout ce que nous avons pu retirer des chiffres qui nous ont été communiqués, c'est que, le prix de la dépense de traction proprement dite était de 46 cent. 8 par kilomètre parcouru, et que celui de la dépense totale était de 77 centimes par kilomètre parcouru.

4° Tramway Milano-Pavia.

Directeur : baron de Tanguy.

La mise en service est toute récente, et la ligne compte 33 kilomètres environ. C'est une compagnie belge qui exploite la ligne.

Il y a environ 6 départs par jour, dans les deux sens, et le prix de la place par section revient environ à 20 centimes et demi.

5° Tramway Milano-Lodi-Bergamo-Melignano-Santagio, environ 36 kilomètres.

Directeur-ingénieur: Troisi.

Nous n'avons pas pu obtenir non plus de renseignements sur cette dernière compagnie.

Mais la description complète que nous allons faire de la Société

Milano-Vaprio vous permettra de vous faire une idée aussi exacte que possible de ce que peuvent être ces exploitations de petits chemins de fer.

Nous avons extrait tous les détails que nous allons vous faire connaître des comptes rendus des années 1878, 1879 et 1880 et des renseignements que nous avons pu prendre sur les lieux.

La demande de concession pour la ligne de Milan-Gorgonzola-Vaprio fut adressée, le 22 février 1877, à la députation provinciale de Milan pour obtenir l'autorisation d'établir un tramway *à traction de chevaux*, dans le pays riche et populeux qui s'étend entre Vaprio et Milan, en suivant la route provinciale qui passe par Gorgonzola.

Nous ne nous étendrons pas sur la formation du comité promoteur et sur les opérations indispensables pour réunir les fonds nécessaires. Il nous suffira de vous dire que le capital de la Société se forma par souscription publique d'un million de lires en 4,000 actions de 250 lires chacune. Cette souscription fut immédiatement couverte, et la Société fut constituée sous le nom de Société anonyme du tramway de Milano-Gorgonzola-Vaprio, par décret royal du 16 décembre 1877.

La voie fut établie sur le bas-côté de la route provinciale qui ne mesure pas moins de 12 mètres de largueur, avec des rails en acier Bessemer, du poids de 17 kilog. 500 à 18 kilog. 500 environ, système Vignolle, sur une longueur de 29 kilomètres, qui est la distance comprise entre Milan et Vaprio. La largeur de la voie est de $1^{m},445$, et elle est fixée sur traverses qui se trouvent à la distance de $0^{m},75$. Elle coûta 533,025 fr. 54, soit 18,380 fr. 19 par kilomètre. Comme je viens de le dire, ces rails sont placés sur les accotements de la route provinciale et ne sont enfoncés dans le sol que pour la traversée des villages et dans les endroits difficiles. Dans ce cas, c'est la voie Marsillon qui est employée. La pose de la voie n'a pas nécessité de travaux d'art, le pont de Gorgonzola seul a présenté quelques difficultés. De plus, elle est simple dans la plus grande partie de son parcours, elle comporte tous les croisements nécessaires pour la rencontre des trains. La voie est séparée de la route par des bornes en pierre ; dans certains endroits, comme les entrées dans les villages, elle se confond avec la route, dont les bornes ont dû être déplacées pour donner la largeur suffisante à la voie.

La concession avait été donnée par le conseil provincial pour une traction à cheval, mais la direction reconnaissant les difficultés qu'elle

éprouverait pour exploiter une ligne de 29 kilomètres avec des chevaux, obtint du ministère des travaux publics l'autorisation d'employer des machines à vapeur par décret du 12 février 1879. Avec la traction par chevaux, le conseil provincial n'avait imposé à la Société que le cinquième de la dépense de l'entretien de la route, et cela à partir de 1886 seulement; avec les machines, l'entretien à la charge de la Compagnie sera du cinquième de la dépense jusqu'en 1886, et de la moitié après 1886, en maintenant l'obligation d'entretenir entièrement, la partie de voie occupée par le tramway. La Compagnie réclama contre cette charge excessive, qui, disait-elle, nuirait à ses intérêts, et l'empêcherait de multiplier le nombre des voies qu'elle espérait créer.

Les locomotives qui furent employées pour la traction proviennent des maisons : Brown, de Winterthur. — Krauss, de Munich et C^ie^. — Fox Walher et C^ie^, de Bristol. — Henschel et fils, de Cassel et la Société Suisse, de Milan.

Aujourd'hui, la Société possède douze locomotives dont six provenant de la Société de Winterthur. — Deux de la maison Krauss et C^ie^, de Munich. — Une de la maison Fox Walher et C^ie^, de Bristol. — Deux de la maison Henschel et fils, de Cassel. — Une de la Société Suisse, de Milan.

Ces douze machines ont coûté 199,239 fr. 85, soit : 16,603 fr. 32 par machine. Les trois dernières locomotives acquises par la Société, viennent de Winterthur, et ont coûté 15,300 fr. chacune. Le poids des machines en ordre de marche pour la Compagnie Milano-Vaprio, varie de 8 à 14 tonnes. — Celles de la Compagnie des tramways et chemins de fer économiques (Rome-Milan-Bologne), pèsent en ordre de marche jusqu'à 29 tonnes avec des rails d'acier de 28 kilogrammes pour l'une des lignes de Rome.

Nous avons vu avec beaucoup de soin toutes les machines employées par les différentes sociétés à Milan, et il est résulté pour nous de cette étude, que les locomotives les plus lourdes sont les meilleures, que c'est une erreur de croire que les machines à vapeur de tramways doivent avoir un poids relativement moindre que celui des machines de chemin de fer Tous les mécaniciens que j'ai interrogés m'ont tous affirmé que la marche des dernières locomotives que les compagnies ont fait construire avec un poids plus considérable, était préférable à la marche des premières machines mises en mouvement. Les mécaniciens se plaignent aussi beaucoup des dégâts causés par la pous-

sière et la boue des routes. Aussi toutes les fabriques et surtout la maison Henschel, ont-elles placé les organes au milieu et dans la partie la plus élevée de la locomotive, cherchant à les soustraire au contact des impuretés de la route. Cette diversité dans les locomotives composant le matériel des compagnies de tramways, prouve qu'elles n'ont pas encore trouvé la machine qui pourra remplir les conditions exigées pour une bonne traction économique, sans production de fumée et de bruit pour traverser les villes et les villages, et dont les organes ne sont pas détériorés par la boue et la poussière des routes. C'est surtout dans l'exploitation des tramways à vapeur, que les locomotives doivent présenter les meilleures conditions de solidité, de sécurité et d'économie. Les réparations pour toutes ces machines semblent avoir été très fréquentes. Il n'est pas douteux qu'il serait préférable pour chaque compagnie d'avoir un type uniforme de locomotives, qui permettrait d'obtenir un service plus satisfaisant et plus économique.

Les machines que nous avons vues à Milan, ne sont donc que des petites locomotives copiées sur celles des chemins de fer, et ne présentant aucune des conditions, exigées par les municipalités pour leur circulation dans les villes.

Les voitures employées sont simplement les voitures-tramways, que vous connaissez et que vous voyez ici sur les lignes de la Compagnie des tramways nord. Elles sont toujours sans impériales, les compagnies prévoyant les difficultés que présentent la montée et la descente des escaliers pendant la marche des trains. Elles sortent des fabriques de Neuhaussen, Bruxelles, Paris, Philadelphie et Grondona.

Les unes sont fermées (carrozze coperte) et s'emploient de préférence l'hiver, les autres (giardinière) sont découvertes et ne se composent que de plates-formes, elles sont surtout employées l'été.

La Compagnie de Milan à Vaprio en possède quarante-cinq tant de 1re classe que de 2e classe et de fourgons à bagages qui ont coûté 187,023 fr. 14.

Les voitures, d'hiver du poids de 3,000 kil. environ, coûtent en moyenne. . . . . 4,800 fr.
Les voitures d'été du poids de 2,000 à 2,500 kil. . 3,800
Les fourgons à bagages. 1,970

soit 4,156 fr. 07 l'une dans l'autre en moyenne.

Toutes ces voitures peuvent contenir 40 personnes dont 20 personnes assises. Mais la surcharge est très fréquente.

La ligne de Milan à Vaprio fut mise en exploitation le 8 juin 1878 avec trois machines seulement, mais la foule fut tellement considérable le premier jour qu'il fallut immédiatement augmenter ce nombre et employer de suite cinq machines tous les jours.

L'autorité avait permis dans les commencements de mettre seulement deux voitures-tramways derrière la locomotive, plus un fourgon à bagages. Mais peu à peu les compagnies augmentèrent le nombre des voitures à voyageurs, et aujourd'hui elles en mettent jusqu'à six, sept et même huit, plus le fourgon à bagages. Ce qui fait qu'elles composent réellement des trains comme les chemins de fer. L'autorité ne voyant aucun inconvénient à ce nombre de voitures, laisse faire, surtout parce que les tramways ne pénètrent pas dans l'intérieur de la ville de Milan.

La Société de Milan à Vaprio établit sur le parcours de cette ligne dix stations avec les prix suivants :

Dist. kilom.	Localités.	1re Classe.	2e Classe.
4	Milano-Nuovo.	» 25	» 15
5	Crescenzano.	» 35	» 30
»	Cascina-Gobba.	» 30	» 30
9	Vimodrone.	» 50	» 30
12	Cernusco.	» 75	» 45
15	Cascina-Pecchi.	1 »	» 60
18	Gorgonzola.	1 25	» 75
22	Villa Fornaci.	1 50	» 90
25	Bettola.	1 75	1 05
29	Vaprio.	2 »	1 20

Le prix entre chacune des dix stations ou haltes est donc de 25 centimes pour la 1re classe et de 15 centimes pour la 2e classe. Il augmente dans chacune de ces classes de la même proportion, excepté pour les deux premières stations qui sont très voisines l'une de l'autre.

Le parcours se fait en deux heures.

Il y a sept départs de Milan pour Vaprio et huit de Vaprio pour Milan.

Au début les trains s'arrêtaient à toute réquisition, la Compagnie a modifié cette manière de faire pour éviter les accidents, et ne fit plus

arrêter que dans les stations que nous venons d'énumérer. A cet effet, elle fit établir à ses voitures des palettes de fermeture qui empêchent les voyageurs de descendre sans le secours des conducteurs de trains. L'arrêt à toute réquisition est indispensable dans les villes et augmente beaucoup la recette. Mais ces tramways parcourant les routes, l'inconvénient est moindre.

Il y eut au début un certain nombre d'accidents provoqués par l'étonnement qu'éprouvaient les habitants de ces pays à voir employer ce nouveau mode de locomotion, ils furent insignifiants et le public se fit vite à ces nouvelles habitudes. Au reste, lorsque le tramway entre dans l'une des localités qu'il traverse, la machine ralentit la marche, et un cantonnier armé d'un bâton marche devant elle, écartant les passants et les enfants, surtout dans les passages étroits comme à Gorgonzola.

Ces sociétés de tramways à vapeur qui avaient dû toutes marcher avec des chevaux se trouvaient assujetties aux lois qui régissent en Italie le service des voitures publiques. Mais par suite de l'application de la vapeur, elles furent placées sous la surveillance du Ministère des travaux publics, qui étudie en ce moment une loi qui réglera les conditions d'exploitation des nombreuses sociétés qui se forment aujourd'hui dans plusieurs villes de l'Italie.

L influence du Ministère des travaux publics s'est déjà fait sentir, par ce fait que toutes les compagnies marchant avec la vapeur, furent placées sous la surveillance des commissaires des chemins de fer, que le matériel fut visité par ces derniers, et que les mécaniciens durent subir un examen avant d'entrer en service, comme cela se fait pour les chemins de fer en Italie.

Une autre loi (du 5 mai 1852), prescrit à tous les entrepreneurs de voitures publiques de transporter gratuitement la correspondance jusqu'au poids de 20 kilos. On voulut appliquer cette loi à la Compagnie Milano-Vaprio qui refusa, prétextant que sa traction se faisait par la vapeur. Elle eut gain de cause et reçut, à partir du 1er août 1879, 2,500 fr. par an pour le transport des lettres. — Du moment que les tramways à vapeur étaient considérés comme des chemins de fer, le gouvernement voulut leur faire supporter la taxe de 5 centimes sur les tickets de voyageurs (loi du 13 septembre 1874), mais les compagnies réclamèrent en donnant pour raison que le prix était très minime et que l'impôt deviendrait une charge trop lourde pour les voyageurs,

vu la modicité des prix. De plus le ticket de tramway établit la preuve du payement de la place occupée dans la voiture, tandis que pour les chemins de fer, c'est le droit d'occuper une place dans le train. — Le droit au transport en tramway dérive non du billet, mais de la place occupée.

Avant de vous faire connaître les résultats financiers de l'exploitation de la ligne Milano-Vaprio, je vous demande la permission de vous dire encore quelques mots sur une nouvelle ligne que cette Société vient de mettre en exploitation, et sur la jonction du tramway Milano-Vaprio avec une autre ligne.

Je veux parler du tramway de Gobba-Vimercate, qui présente au point de vue financier certaines particularités, qui prouvent que les populations ont bien su apprécier les mérites de ces véritables chemins de fer d'intérêt local.

Cette nouvelle ligne, qui emprunte la voie de Milan à Vaprio jusqu'à Cascina-Gobba, à environ 6 kilomètres de Milan, parcourt la large route d'Imbersago, qui n'a pas moins de 8m,20 de largeur, passe le long de la commune de Cologno, de celles de Brugerio, de Moncucco, de Cascina-Baraggia, de San Damiano et de Sant'Albino, traverse Concorrezzo pour s'arrêter à Vimercate, soit 20 kilomètres environ de parcours.

Afin d'aider à l'établissement de cette voie, les habitants de plusieurs de ces communes souscrivirent une certaine somme de premier établissement :

Cologno.	970 fr.	»
Brugherio.	6,270	»
Concorrezzo.	3,267	»
Vimercate.	4,732	»
Soit.	15,239 fr.	»

Les communes s'engagèrent à verser trente annuités.

Vimercate de.	3,224 fr.	»
Concorrezzo de.	835	»
Et Brugherio de.	800	»
Soit.	4,859 fr.	
Qui capitalisés pendant 30 ans à 5 pour 100 représentent.	74,678 fr.	80
Ce qui forme le total de.	89,917 fr.	80

La somme demandée par la Compagnie était de 90,000 fr.

Ces sommes versées toutes à fonds perdu, furent accordées aux conditions suivantes :

1° Construire et exploiter la ligne comme celle de Milan-Vaprio;

2° Faire au moins quatre courses par jour;

3° Appliquer le même tarif que sur Vaprio;

4° Et, enfin mettre le tramway en service pour le mois de juillet de la même année. Toutes ces conditions furent acceptées, une prolongation de trois mois fut seulement demandée pour la dernière, si besoin était.

L'assemblée générale des actionnaires du 25 janvier 1880, autorisa l'émission de 1,200 obligations, à 250 fr. remboursables en 20 ans au pair, pour la création de la ligne de Gobba-Vimercate.

Les travaux de la voie commencèrent le 5 avril 1880, et furent faits dans les mêmes conditions que sur la ligne Milan-Vaprio. La ligne de Milan à Vimercate a une longueur d'environ 20 kilomètres, la voie à établir n'était que de 16 kilom. 300, les trains devant emprunter l'autre ligne pour arriver à Milan.

Elle coûta 289,963 fr. 51, soit 18,122 fr. 71 par kilom. Le pont de Matallino, qui dut être reconstruit d'accord avec le conseil provincial, pour être élargi et ses pentes diminuées, ainsi que la traversée de Vimercate et de Concorrezzo, furent les seules difficultés que la Compagnie rencontra dans l'établissement de la voie.

Le 1er juillet l'exploitation commença : sept stations furent établies sur cette voie, avec le tarif suivant :

Distance kilomét.	Localités.	1re Classe.	2e Classe.
4 k.	Molino-Nuovo.	» 25	» 15
5	Crescenzano.	» 35	» 25
6	Cascina-Gobba.	» 50	» 30
11	Brungherio.	» 75	» 45
13-500	S. Abino.	1 »	» 60
16-500	Concorrezzo.	1 25	» 75
20	Vimercate.	1 50	» 90

Cinq départs ont lieu dans les deux sens.

Lorsqu'on examine sur la carte la disposition des différentes lignes s'éloignant de Milan, que j'ai énumérées dans la première partie de mon travail, on est persuadé que pour compléter le réseau, il devenait utile de relier entre elles certaines voies qui desserviraient ainsi les localités éloignées de chacune de ces lignes. C'est ce que la Compagnie Milano-Vaprio a fait en réunissant à la station de Villa-Fornaci, sa ligne avec celle de Bergamo-Treviglio-Lodi. Une convention fut signée le 14 août 1880 avec M. Pistorius, propriétaire de cette dernière exploitation, qui se trouva ainsi reliée au tramway de Milano-Vaprio, par une voie ferrée établie entre Villa-Fornaci et Treviglio et passant par Inzago et Carsano. Les frais d'exploitation de ce tronçon furent partagés entre les deux compagnies. Pour développer davantage les effets de l'association, des billets d'aller et retour furent crées sur les deux lignes, avec 20 pour 100 de réduction sur le tarif ordinaire, uniquement pour les stations de Milan, Cassano, Treviglio et Bergamo.

Examinons maintenant les résultats financiers obtenus depuis la mise en exercice de ces deux lignes.

Le premier exercice comprend le temps écoulé du 8 juin 1878 au 31 décembre 1879.

Le fonds social était, comme nous l'avons dit plus haut, de 1,000,000 fr.

La recette a été pour voyageurs, abonnements, marchandises, intérêts divers, service postal, etc., de. . . .	448,471 fr. 07
La dépense a été de.	346,268 19
Bénéfice net.	102,202 fr. 88

Il fut prélevé, sur cette somme de 102,202 fr. 88, 5 pour 100 qui, aux termes de l'article 41 des statuts, furent employés à créer un fonds de réserve.

Le reste de la somme diminuée des intérêts dus au directeur fut distribué aux actionnaires : dont 12 fr. 50 par action ont été payés fin juillet 1879 ; le solde de 9 francs par action a été payé le 31 décembre. Le capital a donc reçu, après les prélèvements statutaires que nous venons de vous faire connaître, une rémunération de plus de 6 pour 100, si nous tenons compte que l'exercice se compose de dix-neuf mois.

Malgré les hivers de 1878 et 1879, qui ont été très rigoureux, en 567 jours qui représentent la durée du premier exercice, nous rele-

vons 2,413,073 voyageurs donnant une recette de 422,228 fr. 35, soit une moyenne de 0 fr. 174 par voyageur.

Pour voyageurs.	422,228 35
Pour marchandises.	7,129 44
Pour abonnements	844 92
Pour services particuliers.	3,529 90
Pour coupés réservés.	144 00
Total général. .	433,876 61

Ce qui donne comme recette moyenne journalière 765 fr. 11 et 1 fr. 78 par kilomètre parcouru. La statistique ne nous a pas permis de constater quelle distance moyenne chaque voyageur avait parcourue. Pendant le même laps de temps, les locomotives ont parcouru 243,260 kilom. 610 mètres en dépensant :

578,120	kilog.	de charbon,
10,762	»	d'huile,
59,053	»	de déchets de laine.
Ou par kil. et par machine 2	»	376 charbon,
0	»	44 d'huile,
0	»	24 de déchets de laine.

La traction proprement dite, y compris le personnel actif des voies (contrôleurs, conducteurs, mécaniciens et chauffeurs), a coûté 138,642 francs, ce qui, divisé par le nombre de kilomètres parcourus, donne 0 fr. 569 par kilomètre parcouru. Et si nous prenons la dépense totale de 346,268 fr. 19, nous trouvons 1 fr. 42 par kilomètre parcouru. Ces prix nous paraissent un peu élevés, et ne peuvent trouver leur justification que dans le nombre trop considérable des conducteurs qui accompagnent les trains. En effet, nous avons remarqué qu'il y avait en général un conducteur par voiture-tramway, plus un contrôleur pour tout le train. Nous pensons qu'un conducteur pour deux ou trois voitures serait suffisant, car les voyageurs ne descendent pas à tout instant comme sur les tramways des villes. Si nous supprimons les dépenses du personnel, nous avons le chiffre de 0 fr. 378.

Examinons maintenant l'exploitation de l'année 1880.

La recette a été pour la ligne de Vaprio . .	268,676 fr.	59
Pour la ligne de Vimercate.	49,641	95
Ajoutons-y les intérêts et les contributions des communes de Vimercate, Brugherio et Concorrezzo, le service postal, etc., etc. . . .	15,288	49
	333,607 fr.	03
La dépense a été.	269,597	10
Bénéfice net.	64,009 fr.	93

Ce qui, après les prélèvements statutaires, comme dans l'exercice précédent, donne plus de 6,40 pour 100 de bénéfice sur le capital social.

Nous relevons, pour l'année 1880, les renseignements statistiques suivants.

Ligne de Vaprio.

1,479,244 voyageurs donnant une recette de	254,237 fr.	80,
soit une moyenne de 0 fr. 17 par voyageur.		
Pour billets d'aller et retour.	4,483	58
Pour abonnements	1,327	10
Pour services particuliers	1,514	75
Pour coupés réservés	649	»
Pour marchandises	8,874	93
	271,087 fr.	16

Ce qui donne une moyenne journalière pour l'année de 740 fr. 67. C'est une recette supérieure à celle de l'année dernière, car la recette de 765 fr. 11 provenait de l'exploitation faite pendant dix-neuf mois, comprenant deux saisons d'été. Si nous ne prenons que la recette moyenne journalière de 1879, nous trouvons 721 francs.

Ligne de Vimercate.

273,298 voyageurs pour.	47,019 70

Soit une moyenne de 0 fr. 17 par voyageur.

Pour abonnements	703
Pour services particuliers	100
Pour marchandises	1,819 25
Total. . . .	49,641 95

Ce qui donne une recette moyenne journalière de 269 fr. 79 pour 184 jours d'exercice.

En totalisant les recettes journalières des deux lignes, nous avons 1,000 fr. 46 par jour, soit 1 fr. 661 par kilomètre et par jour.

Sur les deux lignes, les machines ont parcouru pendant l'année 1880 207,515 kilom. 570.

Dépensant. . . .	591,771	kilog. de charbon
	10,636	» d'huile
	62,919	» déchets de laine

Ou par kilomètre et par machine :

En charbon.	2	kilog.	851
En huile	0	»	051
En déchets de laine.	0	»	303

La traction proprement dite, y compris (les contrôleurs, conducteurs, mécaniciens et chauffeurs), a coûté 107,078 fr. 36, soit par kilomètre parcouru 0 fr. 516. Si nous retirons la solde du personnel actif, nous avons le prix de 0 fr. 342, ce qui représente environ 50 pour 100 de la dépense des chemins de fer.

Et, si nous prenons la dépense totale de 333,607 fr. 03, nous trouverons 1 fr. 298 par kilomètre parcouru.

Tous les chiffres que nous venons de produire vous permettent de vous rendre facilement compte de la prospérité de la Compagnie Milano-Vaprio.

Nous nous sommes un peu étendu, pour que vous puissiez bien juger la situation qui est faite en Italie à ces tramways, qui sont réellement des chemins de fer d'intérêt local. Ce qui ressort surtout de tout ce que je viens d'exposer, c'est que toutes ces compagnies ont en général un très petit capital et très peu de frais à faire pour installer leur industrie.

C'est à cela qu'ils doivent de pouvoir rémunérer leur capital social.

Ces nouveaux tramways à vapeur parcourent aujourd'hui, en Italie, plus de 800 kilomètres de voie et occupent la plus grande partie de la Lombardie. La question a même pris une telle importance que les compagnies ont dû former une association qui serait chargée de débattre leurs intérêts communs. A cet effet, elles ont fait nommer, dans le sein du Parlement, une commission spéciale chargée de faire une étude complète de la question, de lui donner tout le développement qu'elle comporte, d'en régulariser l'exercice d'une manière uniforme, et enfin, de proposer au Gouvernement un projet de loi.

Il est curieux, certainement de voir le développement inattendu qu'ont pris ces tramways qui avaient été concédés avec traction de chevaux, et qui, certes, dans ces conditions, n'auraient pu donner de bénéfices, puisque la traction ne pouvait se faire que sur une voiture à des distances relativement considérables. Nous ne voulons pas aujourd'hui discuter les avantages et les inconvénients de la traction mécanique comparée à la traction animée. Cette question si importante fera l'objet d'un travail spécial que nous aurons l'honneur de vous soumettre.

Le Ministère des travaux publics, en autorisant l'application de la vapeur, a permis de réunir un certain nombre de voitures qui ont donné des bénéfices par le fait du transport d'un plus grand nombre de voyageurs. Cette traction de 6 à 7 voitures, qui ne pouvait avoir lieu dans une ville, était facilement réalisable sur les routes provinciales. Le gouvernement italien a montré dans cette circonstance un grand tact, car nous ne trouvons que peu de charges imposées à ces nouvelles compagnies. La plupart de celles qui ont été appliquées existaient déjà pour les autres sociétés industrielles et ne pouvaient être évitées. Nous les relevons dans l'exercice 1880, pour que vous puissiez vous en rendre un compte exact.

Taxe de la richesse mobilière	10,890 fr.	87
Taxe de circulation des actions	1,200	00
Taxe de circulation des obligations.	300	00
Taxe de surveillance du Gouvernement . . .	150	00
Taxe d'exercice.	611	98
Taxe sur les voitures	409	03
Taxe sur l'estimation des terrains	60	78
Redevance à la chambre de commerce. . . .	363	35
Redevance à la province pour les réparations de la voie	7,528	51
Total. . .	21,514 fr.	52

pour 44 kilomètres exploités, soit 488 fr. 95 par kilomètre exploité.

Ce chiffre est relativement peu important, et malgré cela, la Compagnie réclame surtout contre la redevance à la province, pour les réparations de la route. Que dirait-elle ? si, comme en France, les charges étaient si fortes que l'exploitation devient difficile, et que le moindre incident peut constituer en perte les sociétés françaises. En effet, si nous consultons le bulletin du Ministère des travaux publics de France, nous voyons, dans le n° d'août 1881, un tableau donnant les résultats d'exploitation des tramways, et nous trouvons que le coefficient d'exploitation des vingt-sept compagnies françaises de tramways est de 0,97.

Il est évident que le Gouvernement italien a été très bien inspiré, en ne cherchant pas à imposer trop de charges spéciales qui auraient pu arrêter le développement de ces tramways à bon marché. Il faut espérer qu'il persistera dans cette bonne voie, car il retirera un intérêt financier de ces nouveaux moyens de locomotion qui multiplieront les affaires et aideront puissamment à l'extension du commerce.

Le Gouvernement italien, qui possède les chemins de fer de la haute Italie n'a pas à craindre la concurrence que peuvent faire ces lignes secondaires; au contraire, comme le disent les administrateurs dans leur rapport, ils deviendront les auxiliaires des grandes lignes, comme le petit cabotage porte aux vaisseaux, dans les ports, les marchandises des différents points du pays. Bien plus, les quelques millions qui ont été constatés en plus dans la balance des comptes des voies ferrées de la haute Italie peuvent être attribués aux tramways qui ont augmenté

la circulation. Ainsi, sur la nouvelle voie ferrée de Milano-Camnago-Erba, qui est une des lignes de chemins de fer qui se trouvent le plus en concurrence avec les tramways, le service des voyageurs a rapporté :

	En 1879			1880	
	257,196 fr.	66	et	262,212 fr.	23
Et celui des marchandises	6,567	60	et	8,874	93

Différence en faveur de 1880 :

Voyageurs.	5,015 fr.	57
Marchandises	2,311	33

Au reste, aujourd'hui ce mode de voyager est devenu un besoin pour les Milanais qui le trouvent très commode et surtout peu onéreux pour se transporter dans les environs de leur ville, même à d'assez grandes distances.

Nous nous arrêterons là, sans décrire les conditions faites au personnel, sans entrer dans d'autres détails qui pourraient intéresser les gens qui s'occupent spécialement de tramways. Nous vous signalerons seulement que ladite Compagnie, trouvant trop onéreux l'établissement du télégraphe, préféra étudier l'établissement d'un téléphone qui, paraît-il, peut donner de bons résultats et facilitera la marche des trains aux différents croisements de la voie.

Nous croyons avoir atteint notre but qui était de démontrer que, dans les pays qui ne sont pas trop accidentés, il serait possible d'établir des moyens de communications qui seraient beaucoup moins onéreux que les chemins de fer d'intérêt local, *même ceux à voie étroite*, et qu'enfin ces pays trouveraient bien vite, par suite du développement que prendraient le commerce et l'industrie dans leurs rayons, les moyens d'entretenir ces petits chemins de fer.

Les sacrifices consentis par les communes que nous avons signalées dans le cours de notre note, sont la meilleure preuve de ce que nous avançons.

Les lois et décrets des 11 juin, 28 juillet 1880 et 6 août 1881, consacrent légalement en France l'établissement pour le transport des voyageurs et marchandises, des chemins de fer sur routes, en réglementent la construction et l'exploitation sous le contrôle de l'État et leur assurent des subventions et des garanties d'intérêts.

C'est pourquoi nous avons cru le moment opportun de vous signaler ce qui se fait chez nos voisins.

Plusieurs compagnies se sont formées pour l'exploitation de ces chemins de fer, et nous pensons qu'il sera très intéressant de rapprocher les chiffres que je viens de vous présenter, et qui sont le résultat de deux exercices, de ceux que ces compagnies prévoient.

En effet, elles estiment que le kilomètre de chemin de fer sur routes coûtera en moyenne 60,000 francs, y compris le matériel fixe et roulant.

Le kilomètre exploité de tramways à vapeur sur Milan-Vaprio, 29 kilomètres, y compris le matériel fixe et roulant revient à 37,500 francs.

Sur Milano-Vimercate, 15 kilomètres, ajoutés à l'ancienne voie, le kilomètre coûte 27,162 francs.

Les compagnies de chemins de fer sur route pensent que l'exploitation coûtera 4,000 francs par kilomètre construit, et que la recette sera de 10,000 francs par kilomètre construit.

Nous avons fait les calculs approximatifs pour les exercices passés de la Société dont nous venons de vous faire l'historique et nous avons trouvé que la recette a été par kilomètre construit :

En 1878 . . . 5,867 francs pour 7 mois d'exercice en 1878.
En 1879 . . . 9,094 » pour les 12 mois de 1879.

Et . . . . . 14,961 » pour les 19 mois qui ne forment qu'un exercice.

En 1880 . . . 7,582 francs pour les 2 lignes dont 9,348 pour Vaprio, et 2,482 francs pour Vimercate, pour 6 mois d'exercice de cette dernière ligne.

La dépense aurait été par kilomètre construit :

En 1878. . . . . 4,394 francs. } 11,940 francs
En 1879. . . . . 7,536 » }

pour les 19 mois qui ne forment qu'un exercice.

En 1880. . . . . 6,127 »

En terminant nous croyons devoir vous faire remarquer que c'est l'industrie privée qui, seule, a suffi à l'établissement et à l'exploitation

de ces chemins de fer économiques. Elle n'a réclamé de la part de l'État, ni subventions, ni garanties d'intérêts.

Les Italiens ont compris tout le parti qu'on pouvait tirer des routes (dites provinciales), pour l'installation de tramways à vapeur ou plutôt de voies ferrées économiques. Les tramways comme ceux de la Lombardie ne demandent que très peu de capitaux, comme vous venez de le voir, et les départements et les communes n'auraient pas besoin de s'imposer de grands sacrifices.

LA

QUESTION DES CHEMINS DE FER

DEVANT LE PARLEMENT EN 1882

EXTRAIT des Mémoires de la Société des Ingénieurs civils.

« J'aborde, Messieurs, une question redoutable à laquelle vous « n'échapperez pas. Vous vous êtes occupés, il y a deux ans, avec « une grande compétence et une grande diversité de vues, du « rachat des chemins de fer. Il ne faudrait pas croire que vous « l'avez épuisée. Elle vous reprendra, elle s'imposera à vous « prochainement. »

(Discours d'installation de M. Émile Trélat, président de la Société des Ingénieurs civils).

EXPOSÉ.

Au mois de décembre 1879, dans son rapport au Président de la République, le Ministre des travaux publics portait à 42,000 kilomètres le développement probable du réseau des chemins de fer d'intérêt général.

A cette époque les lignes déclarées d'utilité publique représentaient 28,000 kilomètres. Le programme de 1878 portait donc sur 14,000 kilomètres, comprenant 5,000 kilomètres de lignes non concédées et de lignes départementales passant dans le réseau national, ce qui réduisait en définitive à 9,000 kilomètres les lignes nouvelles à classer et à construire.

Aujourd'hui le réseau classé a déjà atteint 41,000 kilomètres et le

réseau en exploitation 25,000 kilomètres. Les 17,000 kilomètres restant à livrer au public se partagent de la manière suivante :

Par les compagnies	2,900	kilomètres.
Par l'administration de chemins de l'État .	600	id.
Par le corps des ponts et chaussées	13,500	id.

Les 13,500 kilomètres à construire ainsi que les 1,000 kilomètres livrés par l'État à l'exploitation depuis deux ans forment le *dernier réseau* que l'on a appelé le *réseau des ponts et chaussées* pour le distinguer du réseau exploité par l'administration des chemins de fer de l'État. C'est pour le dernier réseau que les pouvoirs publics, préoccupés de son faible rendement, cherchent le meilleur mode d'exploitation.

Notre intention est d'examiner comment le réseau des ponts et chaussées doit être exploité pour le plus grand profit du pays, objectif qui nous conduit à traiter tout entière la question des chemins de fer.

II

TRACÉ D'ENSEMBLE DU RÉSEAU NATIONAL.

Nous sommes heureux que les circonstances nous amènent à écrire ce que nous avons été des premiers à dire, il y a plus de quinze ans, sur la nécessité de décentraliser les réseaux en créant de grandes lignes transversales destinées à répondre aux courants naturels des transports intérieurs et du transit, ainsi qu'aux grands mouvements militaires de la concentration, lignes qui sont indispensables si l'on veut, de plus, désencombrer les lignes aboutissant à Paris et notamment les chemins de ceinture sur le rôle desquels on n'entretient que des illusions.

Qu'on nous permette de recourir ici à une métaphore qui a l'avantage de bien résumer notre pensée ; le réseau national ne saurait mieux être comparé qu'au système de la circulation du sang, en assimilant aux artères les lignes maîtresses aboutissant à Paris et aux veines les autres lignes ramifiées sur ces artères. Mais si la nature a mis entre le nombre des veines et celui des artères la proportion nécessaire à la régularité de la circulation et à l'entretien de la vie, on n'en pourrait dire autant

de la pensée qui a présidé au tracé général des réseaux. Il existe en effet une disproportion flagrante entre la section d'écoulement des artères et celle des veines, disproportion qui a causé l'engorgement ou mieux l'*encombrement* des artères.

Pour en donner une idée nous prendrons un exemple parmi les sections de lignes les plus chargées de trains et nous comparerons la circulation qui s'est effectuée entre six heures du matin et minuit et demi, sur une même voie, en 1881 et en 1865, c'est-à-dire en l'espace de quinze ans :

DÉSIGNATION	NOMBRE DE TRAINS			
	en 1865.		en 1881.	
	SERVICE MINIMUM. (1)	SERVICE MAXIMUM. (2)	SERVICE MINIMUM. (1)	SERVICE MAXIMUM. (2)
De Mantes à Achères.....	18	33	46	57
D'Achères à Colombes (Embranchement)..			53	64
De Colombes à Asnières.....	37	60	78	95
D'Asnières à Paris-Saint-Lazare.....	55	85	115	155

1. En ne comptant que le cinquième seulement des trains facultatifs.
2. En admettant que tous les trains facultatifs aient lieu.

En ce qui concerne l'intervalle de temps moyen qui sépare deux trains se suivant sur la même voie, on remarque, en 1865, sur la section d'Asnières à Paris et pour le service maximum, un intervalle moyen de 13 minutes qui se trouve réduit à 8 minutes en 1881 pour le même service.

Si l'on tient compte de la lenteur de la marche des trains de marchandises et d'autres circonstances de service, on comprend que le plus souvent les trains qui se suivent n'ont entre eux que l'intervalle minimum de 5 minutes [3].

3. Il va de soi que nous ne visons pas les lignes spéciales de banlieue sur lesquelles ne circulent pas de trains de marchandises et dont les trains, animés de la même vitesse, ne font de manœuvres nulle part. Dans ces conditions et avec l'application du *block-system* les trains peuvent se succéder même à moins de 5 minutes d'intervalle.

L'encombrement des lignes principales.

Nous n'apprendrons rien à personne en rappelant que l'excès de circulation produit l'encombrement des lignes et des gares et exerce une influence exclusive sur la régularité et la sécurité du transport des voyageurs, mais ce que l'on ne sait pas assez c'est que l'encombrement est une véritable cause de souffrance pour le commerce. Le moindre incident, tel qu'une obstruction de voie de faible durée par la neige, des arrivages importants de grains et de charbons dans nos ports, des récoltes de vins exceptionnelles, amène la fermeture des gares, des interruptions dans les transports de marchandises et pour le moins des retards considérables.

L'encombrement aggrave encore la pénurie de matériel roulant par suite de l'impossibilité d'approcher les wagons soit des quais, soit des voies sur lesquels ils peuvent être déchargés. Le stationnement sous charge qui en résulte diminue le travail que les wagons pourraient effectuer. Après la récolte, comme au moment des approvisionnements d'hiver, les négociants sont astreints à attendre quelquefois pendant des semaines les wagons qui leur sont nécessaires et encore ne reçoivent-ils qu'une partie du nombre demandé.

Depuis longtemps déjà l'influence croissante des transports a conduit les compagnies à augmenter la puissance des machines en vue d'éviter la mise en roulement d'un trop grand nombre de trains ; elles sont arrivées au maximum de puissance qu'il soit prudent de leur donner ; c'est une ressource épuisée. La charge des essieux des machines qui présage une destruction plus ou moins rapide des ouvrages inférieurs et particulièrement des ouvrages métalliques, a nécessité l'emploi de rails plus résistants ainsi que l'augmentation du nombre des traverses et l'on peut dire que le renouvellement des voies est devenu un travail comparable à l'*œuvre de Pénélope*.

Autrefois les accidents étaient rares, maintenant ils se produisent sans interruption et impressionnent vivement l'opinion. On cherche à les éviter en exagérant et en multipliant les précautions. Les combinaisons plus ou moins pratiques auxquelles on a recours traduisent une tendance fâcheuse des esprits à considérer l'encombrement comme un état normal ou inévitable qu'il suffit de réglementer. On subordonne la

marche des trains à des signaux ou à des correspondances qui augmentent les retards.

Nous reconnaissons volontiers que plusieurs moyens employés offrent de sérieuses garanties, notamment le *block-system* et le *frein continu*, mais en poussant les choses trop loin on s'expose à constater un jour que des accidents devront être attribués aux moyens mis en œuvre pour les prévenir.

Il ne s'agit là selon nous que de palliatifs impuissants à parer aux difficultés que suscite la progression continue des transports.

Il n'est qu'un seul moyen bien efficace d'éviter les accidents de chemins de fer, c'est le moyen le plus simple, nous ajouterons le plus naïf: il consiste à obtenir la régularité de la marche des trains. Pour que les trains n'aient point de retards il ne faut surcharger ni les lignes de trains, ni les trains de véhicules, ni le personnel de travail, ce qui revient à dire qu'on ne doit pas dépasser en travail de transports sur une ligne la mesure que l'expérience indique comme s'appropriant à la régularité du service et à la célérité des opérations des gares.

Une discipline rigoureuse contribue également plus qu'on ne pourrait le penser à la régularité et à la sécurité du service; malheureusement, et depuis longtemps déjà, on constate sous ce rapport un relâchement regrettable.

L'état critique que nous constatons doit être attribué au système de concentration absolue sur Paris qui ne devrait être qu'un point terminus des transports destinés à son industrie et à sa population et qu'on a eu l'imprévoyance de faire en outre le point de transit obligé de tous les voyageurs et d'une trop grande quantité de marchandises destinées à tous les points du territoire.

Paris est un véritable gouffre de consommation, les lignes qui y aboutissent ne seront bientôt plus suffisantes pour l'alimenter. Ce serait le cas de porter les efforts du pays sur l'amélioration des voies navigables desservant cette cité et de créer à son usage des canaux destinés à suppléer à la capacité d'écoulement des chemins de fer en leur enlevant une partie des matières lourdes et encombrantes dont la faible valeur ne peut supporter des tarifs élevés et que les voies ferrées ne détiennent qu'à vil prix.

L'encombrement des lignes aboutissant à Paris vient encore de l'application exagérée du système des troncs communs à plusieurs lignes,

combinaison due à la crainte de voir des lignes nouvelles se rendre indépendantes des anciennes compagnies concessionnaires.

Les chemins de fer et les transports militaires.

Le système des troncs communs a été poussé si loin que le chemin de fer de grande ceinture emprunte sur plus du tiers de son tracé [1] les lignes les plus encombrées des grandes compagnies et sur des points où il était particulièrement imprudent de faire passer des trains de ceinture, comme, par exemple, entre Saint-Cyr et Versailles (chantiers). Il s'ensuit que ces trains vont apporter un nouveau trouble, de nouveaux retards et de nouvelles chances d'accidents dans la marche des trains des grandes lignes.

C'est dans le cas de la mobilisation et de la concentration des troupes que les inconvénients dont nous venons de parler pourraient avoir les plus graves conséquences. Dans ces circonstances on devra renoncer à faire circuler des trains militaires sur la grande ceinture, qui est pourtant un chemin stratégique, si l'on ne veut arrêter le mouvement des troupes sur les lignes principales.

Nous sommes d'ailleurs tout aussi inquiet de la fâcheuse influence que le tracé des réseaux pourra exercer, d'une manière générale, sur le succès de la concentration militaire.

Les suites regrettables des encombrements sur les chemins de fer en 1870-1871, encombrements que n'ont pu éviter les efforts patriotiques de tous les hommes qui ont participé aux transports militaires, étaient cependant de nature à faire ressortir, dès cette époque, les inconvénients inhérents au tracé du réseau. Après cette épreuve on ne peut être que surpris du silence gardé sur ce point par le programme des grands travaux publics.

L'encombrement est bien la plaie des chemins de fer français et il est inexplicable que devant une pareille évidence on n'ait pas cherché à y parer autrement que par des enquêtes absolument platoniques.

On objecterait en vain que pour obvier à l'excès de circulation il suffirait de doubler et même de tripler les voies des sections formant troncs communs et les plus surchargées de trains. Cet expédient n'obvierait pas à l'insuffisance des gares que l'on agrandit sans cesse

1. 50 kilomètres sur 140.

inutilement et ne répondrait pas à un des besoins les plus impérieux de la situation : celui de relier directement entre elles les différentes parties du territoire.

Si la situation critique que nous venons d'exposer s'est produite longtemps avant l'achèvement du second réseau, que doit-on penser de l'exécution d'un programme qui tend à ramifier sur des lignes ainsi encombrées un troisième réseau de 16,000 kilomètres.

Attendra-t-on pour ouvrir les yeux et pour agir que la progression naturelle du trafic sur les lignes anciennes ainsi que les transports attribuables aux affluents nouveaux aient tellement encombré les grandes artères, que les trains s'y suivent comme les grains d'un collier et que les gares ne puissent plus les recevoir ?

Les chemins de fer et les ports.

L'examen du tracé du réseau national nous conduit à aborder un autre point du programme de 1878. C'est celui qui concerne les travaux à exécuter dans les ports en vue de relever notre marine marchande. A ce point de vue le programme de 1878 n'a entrevu qu'une solution : *la construction de murs de quais.*

Assurément il importe que dès son arrivée dans un port tout navire puisse accoster, mais il est tout aussi utile qu'il puisse procéder avec une extrême célérité à ses opérations.

On sait que nos ports ne se développent pas autant que les ports de nos voisins qui attirent la majeure partie de la flotte de grande navigation aux dépens de la France que sa situation géographique avait cependant si bien destinée au rôle d'entrepositaire du continent. Le port d'Anvers a beaucoup plus d'importance que le port du Havre dont le mouvement maritime et fluvial n'a été, en 1878, que de 4,550,000 tonnes contre 7,000,000 à Anvers.

En dix ans, de 1868 à 1878, le port de Gênes est passé d'un tonnage de 2,525,000 tonnes à 3,570,000 tonnes, soit un accroissement de 41 pour 100, tandis que Marseille dont le tonnage a été de 5,503,000 tonnes en 1878, ne s'est développé dans le même laps de temps que de 19 pour 100.

D'autre part des travaux d'agrandissement considérables s'exécutent en ce moment dans ces deux ports étrangers.

Les causes qui entravent le développement de nos ports et appauvrissent notre marine marchande sont multiples et l'insuffisance des murs de quais n'est certes pas la plus importante.

Parmi ces causes nous citerons :

L'absence de voies ferrées d'écoulement spéciales à nos ports ainsi que le manque de matériel roulant ;

L'insuffisance absolue de l'outillage des ports ;

La diminution progressive de nos exportations par rapport à nos importations ;

La cherté de la construction de nos navires et par suite la cherté du fret français ;

La lenteur de la transformation de la flotte marchande à voiles en navires à vapeur ;

La multiplicité et l'importance des taxes grevant la navigation ;

Les lenteurs et les complications des formalités administratives.

On prétendrait vainement que nos ports sont dotés de voies d'écoulement suffisantes. Ce qu'il faut ce sont des lignes nouvelles, indépendantes des réseaux actuels, mettant directement en communication les ports avec les principales frontières et d'autres lignes reliant directement nos ports entre eux, afin que les marchandises déchargées dans un port d'attache puissent aller économiquement chercher un entrepôt ou du fret dans un port voisin.

Nous voudrions voir créer par exemple les lignes suivantes :

De Marseille à Calais et à Dunkerque ;

De Calais et de Dunkerque à la frontière Suisse ;

Du Havre et de Rouen à la frontière allemande (vers Metz) ;

De Bordeaux et de Nantes aux frontières suisse et allemande ;

De Bordeaux à Marseille ;

De Bordeaux à Rouen ; etc., etc.

Au point de vue de l'intérêt français, la première de ces lignes aurait bien plus d'importance qu'une nouvelle percée des Alpes sur la portée de laquelle on se trompe à notre avis.

Ces lignes ayant un objectif bien déterminé pourraient affecter toutes leurs ressources en matériel roulant au service des ports et fournir des wagons aux navires sans les exposer aux surestaries. D'autre part elles favoriseraient l'accroissement du fret de la sortie.

Les quais des bassins à flot devraient être tous pourvus de doubles voies ferrées sur lesquelles les wagons puissent circuler sans que le

mouvement dans un sens gêne le mouvement contraire. Ils devraient de plus être dotés de grues mobiles à vapeur en grande quantité. Le travail des grues devrait être permanent et les wagons fournis aux grues sans interruption.

Les chemins de fer et la marine marchande.

Il est bien avéré que notre marine marchande ne se développe pas parallèlement à notre commerce maritime. La part que prenait, en 1859, notre pavillon dans le tonnage du commerce maritime de la France était de 44 pour 100. Cette part est tombée à 30 pour 100.

Si l'on veut que le pavillon national reprenne la part qu'il a perdue, il faut produire les efforts les plus persévérants pour développer nos exportations et donner du fret à la sortie de nos ports. Si ce fret n'appartient pas nécessairement au pavillon national, nous pensons toutefois que quand un pays exporte beaucoup plus qu'il n'a d'importations, il lui est bien plus facile de disposer en faveur de son pavillon de la marchandise qu'il détient. Ce n'est que quand on aura amené du fret à la sortie que la marine française pourra lutter avec quelque avantage contre la marine étrangère; car alors elle pourra baisser le prix de son fret au départ et prendre à bas prix à l'étranger du fret en retour sur France.

Comment, par exemple, le pavillon français pourrait-il lutter sur nos côtes de la Manche et de l'Océan avec le pavillon anglais, quand ce dernier considère comme du lest le charbon et le coton qu'il nous apporte. N'est-il pas évident qu'avant de retourner en Angleterre, les navires anglais peuvent solliciter du fret à des prix très inférieurs aux navires français qui, prenant un chargement à destination de l'Angleterre, sont pour ainsi dire assurés de n'avoir pas de fret en retour sur France.

Malheureusement la cherté croissante de ses prix de revient et ses tarifs de douane libre-échangistes font que la France voit augmenter sans cesse le rapport de ses importations à ses exportations.

C'est à des combinaisons de la nature de celles que nous venons d'examiner et non pas seulement à des travaux de *maçonnerie* qu'il faut recourir si l'on veut relever notre marine et nos ports.

Nous ne terminerons pas cette partie de notre étude sans faire observer que nos critiques sur le tracé d'ensemble du réseau national ne s'appliquent qu'à l'abus qui a été fait de la concentration des transports sur Paris et au système de ramification des lignes nouvelles sur quelques rares lignes maîtresses, mais non à la pensée qui, de 1853 à 1858, a présidé au groupement des compagnies et à la constitution des anciens réseaux qui ont mis Paris en communication directe et rapide avec les frontières. Nous pensons au contraire que l'œuvre de 1855 a été grande et féconde.

III

DÉLAIS D'EXÉCUTION ET DÉPENSE D'ÉTABLISSEMENT DU RÉSEAU DES PONTS ET CHAUSSÉES.

Les chemins de fer peuvent être établis d'après deux principes opposés l'un à l'autre et dont les effets, très différents, ont une grande importance économique : ils sont considérés comme faisant partie de la grande industrie des transports ou bien comme un outillage gouvernemental.

Dans le premier cas leur établissement et leur exploitation incombent naturellement à l'industrie et dans le second cas à une administration d'État.

Les chemins concédés à l'industrie sont établis au moyen de capitaux privés qui recherchent dans les produits de l'exploitation non seulement la rémunération, mais encore l'amortissement du capital. Il s'ensuit qu'à la fin des concessions l'État entre en pleine jouissance d'une propriété qui n'a rien coûté aux contribuables. Le capital étant amorti l'État peut alors réduire les tarifs dans la mesure subordonnée aux nécessités budgétaires. Après le retour à l'État de l'entière disposition de la propriété des réseaux, l'exploitation peut-être confiée à des entreprises permettant de continuer aux chemins de fer le caractère d'industrie de transports.

Le second système, celui des réseaux gouvernementaux, repousse

toute intervention étrangère à l'État et ne demande rien qu'à l'impôt et qu'aux fonctionnaires. L'exploitation devient une administration semblable à toutes les administrations publiques. La question économique n'existe plus ; le capital d'établissement est considéré comme un *fonds perdu* et les tarifs sont fixés d'après des formules plus ou moins absolues et pratiques qui ne tiennent aucun compte du rendement ou plutôt du bénéfice net, les insuffisances devant être couvertes par les allocations budgétaires.

La caractéristique du programme de 1878 est de faire un nouveau choix et d'exprimer nettement la préférence de l'État pour le dernier des deux systèmes que nous venons d'exposer. Ce programme établit en effet, d'une manière absolue, le principe de la construction exclusive et directe par l'État.

Déjà les circonstances avaient conduit l'administration des travaux publics à cette extrémité et l'on peut considérer la nouvelle phase de la construction en régie par l'État comme datant de 1875.

Il y a lieu de considérer les probabilités de dépense de construction du dernier réseau ainsi que les délais que l'État emploiera à son exécution.

Mais avant d'examiner quelles sont les aptitudes de l'État constructeur, nous rappellerons que l'industrie, représentée par les compagnies et les grands entrepreneurs de travaux publics, a livré en moyenne à l'exploitation chaque année de 1860 à 1869, 900 kilomètres de lignes principales, tâche immense qui exigeait une grande activité et un effort financier considérable.

Le programme de 1878 admet que l'État, sans le concours de l'industrie, est capable de produire un effort plus considérable encore. Nous ne le pensons pas et jusqu'à présent les faits confirment notre opinion.

Nous exposons ci-après la situation du réseau d'intérêt général à la veille de l'éclosion du programme qui nous occupe et à la fin de l'année 1881, c'est-à-dire après une période de quatre ans pendant laquelle n'ont été épargnés ni encouragements, ni allocations budgétaires.

DÉSIGNATION		1877	1881
		kilom.	kilom.
Lignes d'intérêt général livrées à l'exploitation.	Grandes Compagnies.....	18.986	20.723
	Compagnies diverses.....	1.975	1.039
	Chemins de fer de l'État.....	»	1.596
	Réseau des ponts et chaussées...	»	1.000
		20.961	24.358
Lignes en exploitation provenant du réseau d'intérêt local.	Grandes Compagnies.....	»	165
	Compagnies diverses.....	64	25
	Chemins de fer de l'État.....	»	524
	Total du réseau exploité.....	21.025	25.072
Lignes classées, en construction ou à construire.	Grandes Compagnies.....	4.113	2.426
	Compagnies diverses.....	1.678	406
	Chemins de fer de l'État.....	»	568
	Réseau des ponts et chaussées...	2.897	12.700
	Total du réseau classé.....	29.713	40.972

Il est à peine besoin de faire remarquer que les lignes du réseau des ponts et chaussées livrées à l'exploitation depuis deux ans seulement faisaient partie du classement de 1875, il s'ensuit que depuis 1876 l'État a livré au public 1,000 kilomètres, soit une moyenne de 166 kilomètres par an. D'autre part il a entrepris des travaux sur 2,100 kilomètres, soit un ensemble de 3,000 kilomètres qui correspond au cinquième de la tâche qui lui est dévolue.

Partant de ces données qu'il lui faut en moyenne cinq ans pour construire une ligne et que la mise en train n'est susceptible d'achever que de 150 à 200 kilomètres par an, nous faisons chacun juge du temps que l'État emploiera à achever les 13,500 kilomètres qui se trouvent classés à ce jour.

Dépense d'établissement.

Il nous reste à apprécier la véritable dépense de la construction du réseau des ponts et chaussées :

Le créateur de ce réseau prévoyait une dépense kilométrique de

200,000 francs. Cependant devant le Parlement il reconnaissait qu'un très grand nombre de lignes devant desservir des pays de montagnes coûteraient 400,000 francs, *peut être plus*, ce qui infirme son estimation moyenne. Comme il ne faisait pas connaître les éléments dont il avait formé ce prix de revient, il était impossible aux Chambres de contrôler l'importance des sacrifices que le programme imposait au pays. Sa pensée manifeste étant de confier l'exploitation aux grandes Compagnies, nous sommes fondé, par ce seul fait, à dire que son estimation ne comprenait pas la valeur du matériel roulant. D'autre part l'usage des ingénieurs de l'État étant de ne jamais comprendre dans leurs prix de revient les intérêts du capital pendant la construction, ni les frais généraux, il est évident que ces éléments de dépense ne sont pas davantage compris dans l'estimation que nous critiquons.

A la rigueur nous pourrions prétendre que le dernier réseau coûtera le même prix que le second réseau des grandes compagnies, c'est-à-dire 411,000 francs par kilomètre, mais, pour éviter tout reproche d'exagération et rester au-dessous de la vérité, nous prendrons des termes de comparaison parmi les dernières lignes construites par les compagnies, et pouvant être comparées aux lignes que nous considérons, et nous nous aiderons des chiffres produits par les compagnies devant la Commission d'enquête du Sénat en 1878. Ce système nous conduit à une dépense kilométrique de 300,000 francs qui comprend 16,000 francs environ pour le matériel roulant, le mobilier et l'outillage.

Le réseau d'intérêt général devant atteindre avant peu un développement de 44,000 kilomètres, sur lequel le réseau des ponts et chaussées dépassera 16,000 kilomètres, il s'ensuit que la dépense totale de ce réseau sera de. . . . . 5,000 millions
exigeant, à 4 pour 100[1], une annuité de . . . . . 200 —

1. Taux moyen des émissions de 3 pour 100 amortissable. On ne peut espérer cependant de voir le crédit de l'État se maintenir à un taux aussi favorable pendant la longue période de construction du dernier réseau.

IV

EXPLOITATION DU RÉSEAU DES PONTS ET CHAUSSÉES.

Il est un fait qui nous paraît bien acquis, c'est que presque toutes les lignes susceptibles de donner un bénéfice net ont été concédées et sont actuellement livrées à l'exploitation ou sur le point de l'être. Déjà on remarque dans les réseaux des grandes compagnies quelques lignes nouvelles dont la recette kilométrique est inférieure à 5,000 fr. On ne peut espérer un instant de voir les lignes du dernier réseau, qui pour la plupart ne desservent que des plateaux ou bien des montagnes sans industrie et sans grande richesse agricole, donner des recettes supérieures.

Il ne faut pas perdre de vue d'ailleurs que la recette du dernier réseau dépendra, pour une bonne part, des tarifs qu'on y appliquera. Or, le mouvement d'opinion qui entraîne l'État dans la voie des réductions systématiques des taxes, fait craindre que le trafic de ce réseau ne donne le plus faible produit.

L'économie de l'exploitation du dernier réseau tire une importance extrême des sacrifices qu'il aura coûté et de l'insuffisance de ses recettes.

Il importe donc de rechercher qu'elle est la combinaison qui permettra de faire exploiter ce réseau avec le plus d'économie.

L'administration des travaux publics paraissant avoir l'intention bien arrêtée de confier cette exploitation aux grandes compagnies, nous examinerons tout d'abord cette hypothèse.

A cette fin il convient de déterminer le produit probable des lignes et la dépense d'exploitation qu'y consacreraient ces compagnies.

Nous estimons que les lignes les plus pauvres de leur nouveau réseau peuvent être comparées, sinon comme recette, mais au moins comme travail, aux lignes du dernier réseau.

Le tableau ci-dessous contient le relevé de celles de ces lignes qui peuvent servir de termes de comparaison :

COMPAGNIES.	NOMBRE de LIGNES.	ÉTENDUE kilométrique.	PAR KILOMÈTRE EXPLOITÉ.		INSUFFISANCE de la recette par kilomètre.
			RECETTE.	DÉPENSE.	
			fr.	fr.	fr.
Paris-Lyon-Méd..	14	470	5.040	7.880	2.840
Orléans.....	4	138	7.605	9.333	1.728
Ouest.....	4	220	5.510	7.909	2.399
Midi.....	3	70	6.529	8.596	2.067
Est.....	2	54	5.471	10.567	5.096
	27	952	5.655	8.300	2.645

Toutes les probabilités sont pour des recettes variant entre 4,000 et 4,500 francs par kilomètre; mais, toujours pour éviter le reproche d'exagération, nous admettrons que le produit sera de 5,000 francs par kilomètre.

Nous ferons sans plus tarder remarquer que les lignes comprises dans notre relevé sont de date récente, et que, par suite, la dépense ne comprend pas les frais de renouvellement de la voie.

Le Ministère des travaux publics ayant affermé aux grandes compagnies la plupart des lignes achevées du dernier réseau, a adopté une formule d'exploitation qui paraît en être arrivée à son expression définitive et au moyen de laquelle nous pouvons chiffrer les résultats de l'exploitation par les grandes compagnies.

Cette formule, susceptible à notre avis de concilier tous les intérêts, attribue à la compagnie fermière : 1° 5 pour 100 de la valeur de son matériel roulant; 2° un prélèvement de 1/3 sur l'excédent de recette au-dessus de 3,000 francs par kilomètre; 3° une allocation de 2 fr. 60 pour chaque kilomètre parcouru par les trains. L'économie que réaliserait la Compagnie fermière sur l'allocation précitée de 2 fr. 60 serait partagée dans la proportion de 1/3 pour la compagnie et de 2/3 pour l'État.

Si on applique cette formule en comptant une valeur de matériel roulant de 16,000 francs par kilomètre et un parcours de trains normal de 2.560 kilomètres par kilomètre exploité, on voit que les allocations

dues aux fermiers s'élèvent à . . . . . 9,100 fr. p. kil.

Les grandes compagnies dépenseraient effectivement :

Annuité pour le matériel roulant.	800 fr.	
Frais d'exploitation.	8,300	10,100 fr.
Dépenses de renouvellement. . . .	1,000	
Perte kilométrique.		1,000 fr.

De son côté l'État garantissant à l'exploitant une somme de 9,100 fr. et ne touchant que la recette de 5,000 francs, perdrait 4,100 francs par kilomètre.

Ces résultats étant appliqués aux 16,000 kilomètres du réseau entier on voit que les compagnies perdraient. . . . . 16,000,000 fr.

Et l'État. 65,600,000

L'insuffisance annuelle serait de. . . . . 81,600,000 fr.

De deux choses l'une : ou l'État laissera à la charge des grandes compagnies la perte certaine et considérable que leur vaudrait les traités de fermage et leur capital social en serait sérieusement atteint, ou l'État prendra, soit ouvertement soit par voie détournée, les moyens de les dédommager et alors la perte totale incombera tout entière au trésor public.

Nous insisterons sur ce point que notre évaluation représente un minimum, puisqu'elle est basée sur une recette de 5,000 francs probablement au-dessus de la réalité et sur un parcours de trains qui correspond à un service inférieur à quatre trains par jour.

Nous espérons avoir fait la preuve que l'exploitation du dernier réseau par les grandes compagnies ne pouvait être qu'onéreuse pour elles et ruineuse pour l'État.

Examinons maintenant l'hypothèse de l'exploitation directe par l'État, non de la combinaison au moyen de laquelle on a confié certaines lignes au service ordinaire départemental des ponts et chaussées, mais de l'exploitation par l'administration des chemins de fer de l'État.

On croit généralement que l'administration des chemins de fer de l'État, qui dispose de crédits considérables pour la réfection des lignes rachetées et de leur matériel, pour la pose de la seconde voie sur plusieurs lignes et pour la construction du matériel roulant, reporte

sur ces crédits une bonne part de ses frais d'exploitation afin que l'opinion publique et le Parlement se méprennent sur son habileté.

Nous n'avons pas besoin de nous arrêter à ces critiques; il nous suffira de nous reporter au compte rendu officiel qui accuse, pour 1880, une dépense représentant 83 pour 100 de la recette. Les frais d'exploitation ne comprennent qu'une faible dépense pour renouvellement de la voie. Cette opération ne s'est effectuée que sur trois lignes; d'autre part les lignes plus anciennes avaient déjà subi un renouvellement et les plus nouvelles n'ont eu à supporter aucune dépense de cette nature. Si l'on ajoute aux dépenses d'exploitation publiées par le compte rendu officiel la somme que représente l'annuité normale de renouvellement, on arrive à une dépense de 9,400 francs par kilomètre qui absorbe presque entièrement la recette.

Nous eussions désiré faire un relevé spécial des lignes du réseau de l'État dont le trafic peut être comparé à celui qu'on attend du dernier réseau; mais les trois lignes à faible trafic du réseau d'État n'ont été livrées que dans le cours de 1880; elles ont été ouvertes étant inachevées; le service de construction ne les avait point abandonnées et l'exploitation, comme on le sait, s'est trouvée par ce seul fait déchargée de la plus grande partie des dépenses d'entretien. Malgré ces circonstances trop favorables à l'exploitation, on peut tirer un enseignement caractéristique des résultats accusés :

En effet, sur les trois lignes dont il s'agit, la recette a été de 5,500 francs et la dépense de 7,422 francs. Si l'on ajoute à cette dépense une annuité de renouvellement de 1,000 francs et les frais d'entretien habituels, on arrive à une somme de frais d'exploitation comparable à celle des grandes compagnies.

Nous ne reproduirons pas les arguments trop connus sur la cherté de l'exploitation directe par l'État et sur l'inaptitude de ses fonctionnaires à exploiter économiquement et commercialement. C'est un sujet épuisé; l'opinion est formée.

Mais il est une considération plus importante encore qui doit faire repousser la combinaison de l'exploitation par l'État : c'est l'extrême impopularité de cette solution.

Pour en donner une idée nous rappellerons que quelque temps avant le rachat de l'ancienne Compagnie des Charentes, un ministre des travaux publics, fort hostile d'ailleurs aux petites compagnies, avait dû, malgré sa répugnance, proposer à la Chambre un projet de loi accor-

dant à cette Compagnie non seulement des agrandissements mais encore une faible garantie d'intérêts.

Conduit jusqu'à la nécessité de se défendre, ce ministre a déclaré avec raison qu'il n'avait pu, en agissant ainsi, résister à la pression irrésistible de tous les corps délibérants d'une vaste région prenant fait et cause en faveur de la Compagnie des Charentes contre la Compagnie d'Orléans qui était alors l'objet de toutes leurs récriminations ; mais les événements ayant rapidement modifié la situation, et l'État se trouvant substitué à la Compagnie des Charentes, les mêmes corps constitués ont subitement, avec le même ensemble et la même énergie, formulé des manifestations aussi hostiles à l'État que favorables à la Compagnie d'Orléans.

Ce n'est pas sans motifs graves que les conseils électifs et notamment les chambres de commerce, malgré les efforts faits par l'administration des chemins de fer de l'État pour se couvrir de popularité, ne cessent de témoigner leur répugnance pour l'exploitation par l'État. Nous n'avons pas à nous étendre sur ces causes qui s'éloignent trop de notre sujet, mais nous devons dire cependant que l'on commettrait une grande faute en ne tenant pas compte du sentiment des populations sur ce point.

Nous ajouterons que l'administration des chemins de fer de l'État n'aurait d'autre parti à prendre, si elle veut rassurer l'opinion publique et assurer son existence, que de faire elle-même des essais loyaux d'exploitation par des fermiers sur certaines parties de son réseau.

Si l'on rapproche les dépenses d'exploitation des grandes compagnies et de l'État sur des lignes à faible trafic des mêmes dépenses faites par des compagnies secondaires sur des lignes analogues, on peut juger combien il importe à l'économie de modifier profondément les principes d'exploitation que la force des choses impose aux grands réseaux.

Les petites compagnies sont plus aptes à exploiter des lignes à faible trafic ; la Compagnie des Dombes en donne un exemple frappant : pour une recette kilométrique de 12,000 francs, cette Compagnie ne dépense en effet que 6,500 francs. L'ancienne Compagnie de la Vendée ne dépensait que 5,500 francs pour une recette supérieure à 9,000 francs.

Cependant les compagnies secondaires sont écrasées par la constante des frais généraux et par les charges excessives de l'usage en commun de certaines gares des grandes compagnies.

Les précédents fournis par les compagnies secondaires nous paraissent susceptibles de faire admettre sans conteste que l'unité de formules et de puissance de l'outillage des grandes compagnies et de l'État ne peut se prêter à l'économie de l'exploitation des lignes pauvres et que l'esprit d'entreprise est seul capable de proportionner la mise en œuvre au travail et la dépense à la recette. Nous sommes par suite fondé à conclure que c'est à l'industrie privée, c'est-à-dire à des entreprises spéciales, que doit revenir l'exploitation du réseau des ponts et chaussées.

Notre conviction est que les entreprises d'exploitation restreindraient à ce point les frais d'exploitation sans porter préjudice à la régularité et à la sûreté du service, qu'elles permettraient de réduire à moins de 50 millions le déficit annuel de 82 millions que nous avons trouvé plus haut.

V

TARIFS.

La question des tarifs exige des développements considérables qui ne peuvent trouver place dans le cadre de notre étude.

Nous devons cependant en examiner certains côtés nécessaires à la justification de nos conclusions.

Si l'économie de l'exploitation du réseau des ponts et chaussées tire une importance particulière du faible trafic de ce réseau, celle des tarifs qu'on y appliquera offre un intérêt plus grand encore.

En effet, si l'on prend pour exemple une ligne à faible trafic transportant en moyenne par jour sur chaque kilomètre 200 voyageurs et 80 tonnes, cette ligne rapporterait 6,000 francs par kilomètre avec les tarifs moyens des petites compagnies et ne produirait plus que 4,200 francs avec les tarifs moyens de l'État belge. Si nous nous servons ici des tarifs de l'État belge c'est que le courant d'opinion qui pousse l'État dans la voie des abaissements systématiques et irréfléchis a pris pour formule : *les tarifs comme en Allemagne et comme en Belgique.*

Nous ferons remarquer en passant que la formule n'a plus sa raison

d'être à l'égard des tarifs d'Alsace-Lorraine, qui étaient seuls visés, parce que depuis plusieurs années le gouvernement allemand, en présence des résultats désastreux des combinaisons qu'il avait expérimentées dans les pays annexés, a dû relever ses tarifs en toute hâte.

Pour ce qui est de la Belgique, la formule n'a en vue que les tarifs de l'État belge qui sont plus faibles que ceux des compagnies belges.

Il serait même question depuis peu, dit-on, d'aller bien au delà des tarifs de l'État belge dans la voie des abaissements.

C'est ici l'occasion de faire connaître à tous les esprits clairvoyants ce qu'il en coûterait au pays si l'on cédait à la pression d'une opinion par trop intéressée.

A cet effet nous considérerons le trafic du réseau d'intérêt général en 1880 et nous comparerons la recette correspondant à ce tarif avec les résultats qu'eut donnés l'application des tarifs de l'État belge :

DÉSIGNATION.	UNITÉS kilométriques.	TARIFS FRANÇAIS.		TARIFS BELGES.		MOINS-VALUE.
		TARIFS moyens.	RECETTE.	TARIFS moyens.	RECETTE.	
Voyageurs ..	v. k. 5.800.000.000	fr. 0,0510	fr. 296.000.000	fr. 0,0378	fr. 219.000.000	fr. 77.000.000
Marchandises.	t. k. 10.500.000.000	0,0604	634.000.000	0,0500	525.000.000	109.000.000
	Totaux.....		930.000.000	»	744.000.000	186.000.000

Il ne faut pas perdre de vue que dans un nombre d'années assez rapproché, quand les lignes concédées aux compagnies seront achevées et quand le trafic aura pris un nouveau développement sur les réseaux actuels, la moins-value que donneraient les tarifs belges représenterait au minimum une annuité de 200 millions.

Ce moment coïncidera précisément, ou à peu près, avec l'achèvement du réseau des ponts et chaussées qui de son côté coûtera, tant en service de la dépense d'établissement qu'en déficit d'exploitation, une charge annuelle d'environ 300 millions.

Dans les termes où sont posées les questions concernant les tarifs ainsi que l'exécution du programme de 1878, l'État va droit à une

moins-value budgétaire annuelle de 500 millions qui correspond à un capital de plus de 12 milliards.

Nous savons bien que l'on prétend récupérer et au delà les premières pertes attribuables aux abaissements de taxes par un grand développement des transports.

A l'appui de cette opinion on prend l'exemple du transport des lettres et des dépêches.

Nous ne saurions trouver d'expressions assez énergiques pour nous inscrire en faux contre une semblable assimilation et contre une erreur si regrettable en raison des fautes qu'elle a fait commettre et qu'elle fera commettre encore.

On raisonne comme si le développement des affaires et l'accroissement de la richesse publique n'étaient pour rien dans l'augmentation du nombre des lettres. Il est vrai que les plus anciennes taxes étaient compressives et que si elles avaient été maintenues le nombre des lettres expédiées serait moins grand, mais d'un autre côté qui oserait prétendre qu'un nouvel abaissement donnerait de nouveau un accroissement du nombre des lettres qui lui fût propre.

Quoi qu'il en soit, il n'y a aucune analogie entre le transport d'une lettre et celui d'une personne et encore moins d'une tonne de marchandises.

Nous admettons que la réduction des taxes sur les voyageurs augmente notablement le nombre des voyageurs, mais il n'est pas prouvé par l'expérience que l'accroissement du nombre soit tel que non seulement la perte se trouve compensée, mais encore qu'il y ait augmentation sensible de la recette qui eût été réalisée sans la réduction. Nous nous croyons autorisé, jusqu'à ce que cette preuve soit faite, à déclarer qu'il n'y a pas compensation suffisante surtout sur les lignes riches, en raison de ce qu'un accroissement du nombre des voyageurs nécessite forcément l'augmentation du nombre des trains, c'est-à-dire une augmentation de dépense.

Il va sans dire que nos objections concernant les abaissements de tarifs des voyageurs ne s'appliquent pas aux réductions des billets d'aller et retour de banlieue, aux billets de trains de plaisir, de bains de mer et d'excursions ou autres combinaisons analogues qui non seulement augmentent les déplacements mais, de plus, créent des mouvements qui n'existeraient pas sans ces réductions.

Notre avis est que si l'on abaissait d'abord les taxes sans être assuré de résultats favorables on *lâcherait la proie pour l'ombre.*

Quant à la marchandise nous nous bornerons à rappeler que la consommation seule règle les transports et que cette consommation est en rapport avec l'état de prospérité d'un pays ; or, le développement de la fortune publique est l'œuvre du temps; on se tromperait étrangement si l'on pensait que des abaissements de taxes augmenteraient brusquement la production agricole et industrielle et que d'un autre côté la consommation augmenterait elle-même subitement pour se mettre en équilibre avec la production.

Laissant d'ailleurs de côté toute discussion théorique sur la portée économique des tarifs, nous demanderons aux législateurs si malgré le bon vouloir qui les anime, la perspective peu éloignée d'une perte annuelle de 500 millions n'est pas faite pour éveiller leurs appréhensions et pour les décider à ne laisser porter les mains sur les tarifs qu'avec une extrême prudence.

Nous ne nions pas qu'il n'y ait beaucoup à améliorer dans notre système de tarification, mais il ne faut pas que ces améliorations aillent jusqu'à tarir une source de revenus dont l'État ne peut se priver, alors que le seul dégrèvement des impôts sur les voyageurs, dégrèvement dont l'urgence est évidente, offre déjà au public une amélioration considérable puisqu'elle lui ferait économiser près de 20 pour 100 de la taxe qu'il paye actuellement au guichet des billets.

VI

CONCLUSIONS.

On paraît n'envisager la question de la *réforme* des chemins de fer qu'au point de vue exclusif des abaissements de tarifs.

Ce genre de réforme s'ajoutant à la suppression de l'impôt sur le transport des voyageurs aurait tout d'abord pour effet d'aggraver brusquement la situation des lignes principales en augmentant notablement le nombre des voyageurs. Si les lignes à faible trafic, dont les trains sont légers et les voitures à moitié vides, peuvent supporter un

accroissement du nombre des voyageurs sans augmentation du nombre des trains, on n'en peut dire autant des lignes à grand trafic sur lesquelles on serait contraint de mettre des trains supplémentaires en circulation alors que ces lignes en sont arrivées, sous ce rapport, à ce que nous appellerons *la saturation*. Cette prétendue réforme aurait donc pour résultat immédiat de précipiter la crise aiguë que l'on doit prévoir dans un certain laps de temps si on maintient le *statu quo*.

Nous croyons avoir montré que s'il y a en effet des progrès à réaliser dans la tarification, ils ne consistent pas précisément dans les abaissements de taxes qui prépareraient une véritable ruine en conduisant à une moins-value budgétaire de 500 millions. Ce découvert surchargerait les contribuables, forcerait à déshériter d'autres branches des services publics et supprimerait l'élasticité du rendement des impôts qu'il importe avant tout de ménager en prévision des circonstances graves dont l'avenir pourrait menacer le pays. Dans la situation actuelle abaisser systématiquement les tarifs serait commencer *par tuer la poule aux œufs d'or*.

Au delà de la suppression de l'impôt sur les transports, nous ne voyons quant à présent d'autre politique que de chercher la combinaison au moyen de laquelle on ferait déverser sur le dernier réseau improductif, par les deux anciens réseaux des compagnies, une part de leur trop plein de bénéfices nets, à l'exemple du fonctionnement du déversoir de l'ancien réseau sur le second, de telle sorte qu'avec le temps l'État entrevoie le moment où il n'aurait plus rien à demander à l'impôt pour couvrir le service du capital d'établissement du dernier réseau, ainsi que son déficit d'exploitation.

D'un autre côté nous espérons avoir démontré que la situation actuelle des chemins de fer était menaçante et qu'elle présageait à court délai une crise dont le pays pourrait recevoir une atteinte profonde.

Le rapprochement que nous avons été amené à faire nous permet de dire que l'on a été aveuglé par la *paille-tarif* et que l'on n'a pas vu la *poutre-encombrement*.

La véritable réforme des chemins de fer réside principalement dans la création de grandes lignes de décentralisation ayant leurs gares propres dans toutes les localités qu'elles desserviront et n'ayant pas de troncs communs avec d'anciennes lignes. Cette réforme s'impose comme une *mesure de salut public urgente*.

Cet objectif principal prime, à nos yeux, toutes les autres faces de la question des chemins de fer.

Si l'État comprend ainsi la nécessité de la réforme des chemins de fer, il doit nécessairement en poursuivre la réalisation, coûte que coûte : d'accord avec les compagnies concessionnaires, au moyen de nouvelles conventions, ou malgré elles. Dans ce dernier cas le rachat lui serait imposé par la force des choses.

Nous nous plaçons à un point de vue technique qui ne nous permet pas de prendre parti pour ou contre le rachat ; notre but est d'éclairer la route, de montrer les dangers, de proposer une solution et d'apporter des éléments d'appréciation quelle que soit la résolution qui sera prise par les pouvoirs publics.

Nous examinerons en conséquence l'alternative que comporte la nécessité du remaniement des réseaux et de la création de lignes nouvelles de *désencombrement*.

Pour que le remaniement des réseaux s'effectue sans rachat, nous ne voyons qu'un seul moyen: c'est que les grandes compagnies, renonçant aux combinaisons exclusives et étroites, ainsi qu'à des dogmes surannés comme celui des lignes *pénétrantes* ou *parallèles*, prennent délibérément l'initiative du remaniement et de l'établissement des nouvelles lignes et que, d'accord avec le gouvernement à qui elles demanderaient la rétrocession des lignes nouvelles ou des raccords qui seraient nécessaires, elles arrêtent les bases d'un nouveau tracé général et de nouvelles conventions.

Qu'elles constituent des lignes transversales dans leur réseau propre comme à travers les autres réseaux voisins et qu'elles n'hésitent pas à les pourvoir de la double voie et de trains de vitesse.

Qu'elles admettent, d'un autre côté, entre elles, le principe de la taxe la plus réduite appliquée à la distance la plus courte.

Qu'elles se constituent en un syndicat sans lequel il nous paraît impossible d'imprimer à l'élaboration d'un vaste plan et à son exécution l'unité de vues et la force indispensables. Ce syndicat organiserait un *clearing-house* à qui serait dévolue l'étude de tous les tarifs communs, ainsi que le contrôle des taxes et le partage de tout le trafic passant d'un réseau sur l'autre.

Nous pensons que les compagnies feraient bien d'offrir à l'État l'avantage immédiat d'un déversoir des anciens sur le dernier réseau,

sans attendre le moment du partage du bénéfice net prévu par les conventions actuelles.

Nous n'entendons pas entrer dans de plus grands développements sur cette combinaison ; nous émettons une proposition, non un programme d'exécution.

Dans cette première hypothèse, nous pensons que les compagnies ne devraient à aucun prix prendre les risques du fermage du réseau des ponts et chaussées qui, en tout état de cause, devrait être laissé à des entreprises indépendantes. Elles n'auraient à craindre de ces entreprises aucune concurrence ruineuse, car l'État, qui tient à se réserver la libre disposition des tarifs sur ces lignes, en réglera toujours l'application au mieux des intérêts dont il est l'arbitre naturel.

Nous croyons enfin que les compagnies devraient s'appliquer à détruire les critiques que suggèrent les conventions actuelles relativement à la cherté de leur gestion et demander que les nouvelles conventions les intéressent plus nettement au développement des recettes ainsi qu'à la réduction des dépenses.

Dans le cas où les compagnies refuseraient de se prêter à la solution qu'exige l'intérêt national, le rachat général deviendrait inévitable, que l'État le veuille ou non, dans un laps de temps peu éloigné.

Si l'État décidait le rachat, il importe que tous les esprits soient bien édifiés sur les conséquences de cette mesure.

La reprise des chemins de fer par l'État ne doit pas se faire au moyen du remboursement aux compagnies des sommes que les chemins de fer leur ont coûté, ce qui ne serait pas possible, mais bien au moyen d'annuités payables pendant le laps de temps qui reste à courir jusqu'à la fin des concessions.

Actuellement les compagnies, après avoir soldé leurs frais d'exploitation, payent l'intérêt et l'amortissement du capital d'établissement avec le solde disponible de leurs recettes, ou bénéfice net. Or ce bénéfice net suffit actuellement pour assurer le service de tout le capital des chemins de fer. Une seule Compagnie, celle de l'Ouest, demande encore à l'État une somme de 12 à 15 millions à titre de garantie d'intérêt.

Or l'État reprenant les chemins de fer n'assumerait pas d'autres charges que les compagnies et, comme elles, il couvrirait entièrement

ces charges avec les recettes, à la condition toutefois qu'il n'avilirait pas les tarifs actuels.

Les porteurs de titres de chemins de fer n'auraient point à s'alarmer du rachat. En effet, le rachat ne peut se faire que suivant les termes du cahier des charges, c'est-à-dire d'après le bénéfice net pour les lignes ayant plus de quinze ans d'exploitation et pour celles exploitées depuis moins de temps, suivant les termes de la loi du 23 mars 1874, dite loi Montgolfier, c'est-à-dire sur la valeur d'établissement établie par un arbitrage.

Nous ferons remarquer que ces conditions sont évidemment favorables aux porteurs de titres, puisque l'on arrive ainsi à racheter au bénéfice net les parties les plus anciennes et les plus riches et à la valeur d'établissement les plus récentes et les plus pauvres qui ne font pas de bénéfice net suffisant pour le service du capital correspondant.

Mais, d'autre part, les compagnies doivent à l'État une somme de 600 millions pour les avances qu'elles ont reçues à titre de garantie d'intérêt.

Il y a dans cette particularité le germe d'une transaction qui ferait que la transmission des réseaux pourrait s'effectuer, non seulement sans accroissement de charges pour l'État, mais encore en faisant bénéficier les porteurs de l'augmentation que leurs titres acquéreraient assurément par le seul fait de la substitution du crédit de l'État à celui des compagnies.

Seules les Compagnies du Nord et de P.-L.-M., qui ne doivent rien à l'État, verraient leurs titres acquérir une plus-value d'une certaine importance, mais le sacrifice qui en résulterait pour l'État augmenterait d'une manière bien peu sensible l'annuité qu'il aurait à payer aux compagnies.

Il ne faut d'ailleurs pas perdre de vue que l'État profiterait de la plus-value annuelle des recettes sur les lignes rachetées et qu'il se servirait de cette plus-value pour couvrir les insuffisances de son dernier réseau au lieu de faire appel pour cet objet aux contribuables.

Dans le cas de rachat, les compagnies actuelles deviendraient naturellement fermières de tout ou partie de leurs anciens réseaux. Du moment qu'elles ont l'expérience et l'outillage indispensables à l'exploitation des lignes à grand trafic, les réseaux qui leur seraient

affermés se composeraient logiquement des lignes les plus importantes.

La nécessité leur rendrait promptement l'esprit d'économie sévère et le caractère d'industrie privée que la plupart d'entre elles ont perdu.

La plus-value des recettes que réaliseraient chaque année les anciens réseaux et les économies que l'esprit d'entreprise apporterait dans les dépenses permettraient à l'État de déverser sur le réseau des ponts et chaussées les sommes qui seraient nécessaires, non seulement pour combler le déficit d'exploitation, mais encore pour alléger le trésor public d'une part de l'annuité du capital d'établissement, part qui irait en croissant jusqu'au moment où il serait possible de procéder à des dégrèvements de taxes.

Il résulte des considérations qui précèdent que la réforme des chemins de fer doit s'entendre d'un ensemble de mesures inséparables et qu'il ne peut être question de l'aborder par les détails sans s'exposer aux plus graves mécomptes.

Cette réforme peut se résumer de la manière suivante :

Reviser les tarifs pour les simplifier et pour appliquer sur tout le territoire une classification et des tarifs généraux uniformes, en prenant pour base des taxes de petite vitesse la valeur de la marchandise et leur pesanteur ;

Dégrever le transport des voyageurs de la totalité de l'impôt et pour le moins du second dixième et du double décime dont cet impôt a été augmenté en 1871 ;

Dégager l'étude des combinaisons nouvelles de la solution de l'exploitation directe par l'État et repousser cette combinaison aussi impopulaire que préjudiciable aux intérêts du trésor ;

Remanier les réseaux concédés et les conventions de manière à constituer des lignes transversales de décentralisation et de désencombrement et à faire participer immédiatement l'État aux plus-values annuelles des recettes ;

Créer de certains points du territoire sur les frontières allemande et italienne plusieurs lignes parallèles à double voie en vue de garantir la sûreté et la célérité des opérations militaires de la concentration ;

Confier l'exploitation des grands réseaux remaniés à l'industrie

privée, c'est-à-dire aux compagnies actuelles qui resteraient concessionnaires ou deviendraient fermières, suivant que le rachat se ferait ou ne se ferait pas;

Faire de la création du réseau des ponts et chaussées et de son exploitation une œuvre à part; en confier la construction à de grandes entreprises de travaux et l'exploitation à des entreprises spéciales. Échanger entre ce réseau et les réseaux actuels les chemins ou tronçons de chemins nécessaires à la formation des grandes lignes transversales comme à la composition homogène des groupes régionaux affermés aux entreprises d'exploitation.

Le moment des solutions ne peut plus être différé, aussi ne saurions-nous trop solliciter le Parlement d'aborder résolument la réforme des chemins de fer sur les bases que nous proposons, quelles que soient les résistances qu'il rencontrera.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE MARS 1882

Séance du 3 Mars 1882.

PRÉSIDENCE DE M. Émile TRÉLAT.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 17 février est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer la mort de M. Friedmann. Il se proposait de rappeler en quelques mots la vie de cet homme distingué, mais croit devoir céder la parole à M. Pontzen, qui lui a réclamé l'honneur de fixer l'attention et les regrets de la Société sur son compatriote.

M. PONTZEN s'exprime comme suit :

Dans la séance du 17 février dernier, il vous a été annoncé la mort du baron de Burg, savant illustre, qui avait été membre honoraire de notre Société.

C'est encore de Vienne que nous arrive une nouvelle des plus douloureuses.

Si Alexandre Friedmann dont on vient de nous annoncer le décès, n'avait pas acquis par sa valeur comme ingénieur une réputation universelle, si tout en étant membre de notre Société il n'avait pas su s'y faire remarquer, ses amis n'auraient pas le droit de vous faire part de toute la douleur qu'ils éprouvent.

En prenant la parole pour vous inviter à vous associer à leurs sentiments, je crois y être autorisé par une amitié qui nous liait depuis notre enfance.

Friedmann est né à Pesth (Hongrie), le 8 mai 1838; il commença ses études professionnelles à Vienne et les poursuivit à Carlsruhe, puis il vint

se fixer à Paris où il fut attaché à la maison Cail. C'est pendant ce séjour de trois ans qu'il fit ses travaux sur les appareils fumivores et sur les injecteurs qui ont tant contribué à le faire connaître.

Rentré en Autriche, il fut successivement attaché à des services de chemins de fer et à des établissements métallurgiques, jusqu'à ce qu'il se décidât à se vouer entièrement à l'exploitation de ses brevets pour les perfectionnements introduits par lui dans la construction des injecteurs.

Mais Friedmann était de ceux dont l'esprit actif ne permet pas la jouissance paisible des succès. Il dirigea ses recherches et ses études dans une voie nouvelle : Élu membre du conseil municipal de Vienne, il s'adonna à l'étude des questions municipales; ses projets d'assainissements de ville, ses projets de grandes halles centrales et autres ont montré qu'il suffisait qu'il s'occupât des questions pour y passer maître.

Friedmann avait un talent oratoire hors ligne; aussi lorsque, il y a trois ans, il se présenta à la députation dans la banlieue de Vienne, il fut nommé à une majorité imposante. Dès lors on put le voir défendre avec autant de succès que d'ardeur les projets de création de voies navigables dans son pays. Ses rapports sur cette matière sont des chefs-d'œuvre.

Je n'ai pas besoin de vous dire que par son séjour à Paris, Friedmann apprit à connaître et à chérir la France, à laquelle il est resté attaché de cœur.

Enlevé, le 22 février dernier, en peu de jours par une maladie cruelle, à sa famille et à ses nombreux amis, il laisse des regrets unanimes tant dans le monde politique, au parti libéral duquel il appartenait, que dans le monde des ingénieurs dont il était l'une des gloires.

M. LE PRÉSIDENT annonce que MM. Gottschalk, Lartigue et M. Reymond, député, ont été nommés membres du comité de l'exploitation technique des chemins de fer, près le ministère des travaux publics.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. Lejeune pour sa communication sur la question des chemins de fer devant le Parlement de 1882.

M. LEJEUNE indique d'abord, en quelques mots, le but de sa communication; il explique comment la question des chemins de fer s'impose de nouveau à notre attention, comme notre honorable président l'a fait sentir dans son discours d'installation : cette question, posée depuis quatre ans, n'est pas encore résolue, et aucune des combinaisons proposées, depuis lors, n'a pu aboutir; cela tient évidemment aux difficultés très ardues qui lui sont propres, et à l'incertitude des opinions sur la meilleure solution à indiquer; mais M. Lejeune considère le maintien du *statu quo* comme constituant un véritable danger public, et c'est là ce qu'il a essayé de prouver dans son travail. Il reconnaît que la Société, dans ses discussions antérieures, a déjà jeté la lumière sur certains points importants de la question, mais il croit indispensable de l'envisager à un point de vue plus général et d'une façon, pour ainsi dire, plus synthétique, en faisant justice

de toutes les erreurs répandues, et en cherchant les voies et moyens pour atteindre le but le plus conforme aux intérêts publics.

M. Lejeune rappelle ensuite qu'au mois de décembre 1879 le Ministre des travaux publics estimait à 42,000 kilomètres le développement du réseau d'intérêt général. Le programme des travaux publics portait sur 9,000 kilomètres nouveaux à classer et à construire. Le réseau d'intérêt général classé a déjà atteint 41,000 kilomètres sur lesquels 25,000 kilomètres sont livrés à l'exploitation.

La part faite au corps des ponts et chaussées dans l'exécution du réseau d'intérêt général est de 14,500 kilomètres, sur lesquels 1,000 kilomètres sont livrés à l'exploitation. Cette part constitue le troisième ou dernier réseau pour lequel les pouvoirs publics cherchent le meilleur mode d'exploitation. Cet objectif a conduit M. Lejeune à traiter tout entière la question des chemins de fer.

Tracé d'ensemble des réseaux. — Le tracé général est défectueux en ce sens que les lignes formant les second et troisième réseaux viennent toutes se ramifier sur quelques rares artères principales qui, par ce fait, se trouvent encombrées.

M. Lejeune compare la circulation des trains se suivant sur une même voie entre Mantes et Paris (Saint-Lazare), à quinze ans d'intervalle, dans la journée qui s'étend de six heures du matin à minuit et demi. Il résulte de cette comparaison que sur la section d'Asnières à Saint-Lazare, par exemple, le nombre de trains est passé de cinquante-cinq à cent quinze dans le service le plus restreint et de quatre-vingt-cinq à cent cinquante-cinq dans le service maximum. Il arrive le plus souvent que les trains de voyageurs se suivent à l'intervalle minimum de cinq minutes.

Qu'adviendra-t-il dans un avenir prochain avec un pareil développement de la circulation.

M. Lejeune s'attache à démontrer quelles causes d'accidents, de retards dans les transports, de gêne pour le commerce et de sacrifices pour les compagnies, résultent de l'encombrement des lignes principales. Selon lui il n'est qu'un moyen d'éviter les accidents et les retards, c'est de ne pas surcharger les lignes d'une circulation excessive, ni les trains d'un poids considérable, ni enfin les agents d'un trop grand travail, ce qui revient à dire qu'on ne doit pas dépasser en travail de transports sur une ligne la mesure que l'expérience indique comme s'appropriant à la régularité des services et à la célérité des opérations des gares.

Il exprime la crainte que lui inspire le tracé des réseaux et l'encombrement des lignes principales relativement au succès des transports militaires de la mobilisation et de la concentration.

Il fait remarquer que si la situation critique dans laquelle se trouvent les lignes principales s'est produite avant l'achèvement du second réseau, que ne doit-on pas attendre dans un avenir peu éloigné d'un programme qui

ramifie sur ces lignes un dernier réseau qui doit sous peu atteindre 16,000 kilomètres.

Les chemins de fer et les ports et la marine marchande. — M. Lejeune est conduit par la question du tracé d'ensemble des lignes, à aborder un autre point du programme des travaux publics concernant l'avenir de nos ports de commerce au sujet desquels ledit programme n'a vu d'autre progrès à réaliser que la construction de murs de quai.

Parmi les causes qui entravent le développement de nos ports et de notre marine il cite notamment : l'absence de lignes ferrées d'écoulement et de transit spéciales à ces ports ; l'insuffisance absolue de l'outillage et notamment de grues à vapeur; le défaut de doubles voies ferrées reliant les quais aux gares; la pénurie de matériel roulant, etc. C'est dans cet ordre d'idées qu'il convient de chercher le progrès plus encore que dans des travaux de maçonnerie.

Les critiques qui viennent d'être faites ne peuvent s'appliquer à l'œuvre de 1855 qui a groupé de nombreuses compagnies pour constituer les grandes lignes de Paris aux frontières, car cette œuvre a été grande et féconde, mais à l'abus qui a été fait depuis de la ramification des lignes nouvelles sur ces rares grandes lignes et du système des troncs communs à plusieurs lignes.

Délais d'exécution et dépense d'établissement du dernier réseau. — Dans une autre partie de son étude M. Lejeune apprécie les résultats du programme d'exécution du dernier réseau par le corps des ponts et chaussées. Il montre que depuis 1875, époque à partir de laquelle l'État a entrepris les travaux de construction, il a livré à l'exploitation 1,000 kilomètres, soit une moyenne de 160 kilomètres par an. Presque toutes les lignes ouvertes au public font partie du classement de décembre 1875.

D'autre part les travaux sont commencés sur 2,000 kilomètres, soit un ensemble de 3,000 kilomètres correspondant au cinquième seulement de la tâche qu'il a assumée.

Si l'État a besoin de cinq ans pour construire une ligne et que la mise en train ne permette de livrer à l'exploitation que de 150 à 200 kilomètres par an, il est facile de supputer le temps qu'il emploiera pour livrer les 13,500 kilomètres classés dès aujourd'hui.

M. Lejeune explique comment on doit compter sur une dépense kilométrique de 300,000 francs par kilomètre, y compris 16,000 francs pour le matériel et le mobilier. Il s'ensuit que la dépense du réseau des ponts et chaussées, ou dernier réseau, sera de 5 milliards exigeant à 4 pour 100 une annuité de 200 millions.

Exploitation du dernier réseau. — Déjà on remarque, dans le second réseau, des lignes dont la recette kilométrique est inférieure à 5,000 francs:

Toutes les lignes susceptibles de donner un bénéfice net sont exploitées ou sur le point de l'être ; l'exploitation du dernier réseau doit être nécessairement onéreux. En conséquence l'économie de l'exploitation de ce réseau acquiert une importance toute particulière.

En considérant un ensemble de lignes appartenant aux grandes compagnies et sur lesquelles la recette kilométrique moyenne est de 5,600 francs, M. Lejeune constate que la dépense moyenne de ces compagnies y est de 8,300 francs, dépense à laquelle il faut ajouter les frais de renouvellement de la voie qui n'y sont pas compris.

Il est probable que la recette moyenne du dernier réseau variera entre 4,000 et 4,500 francs. Cependant on peut baser des estimations sur une recette de 5,000 francs. D'après la formule de fermage arrêtée par le Ministère des travaux publics, les grandes compagnies auraient à recevoir de l'État par kilomètre 9,100 francs ; elles dépenseraient effectivement 10,100 francs. Leur perte kilométrique serait de 1,000 francs. De son côté, l'État ne touchant que la recette de 5,000 francs et ayant à payer aux compagnies 9,100 francs, perdrait 4,100 francs par kilomètre.

Ces résultats appliqués aux 16,000 kilomètres du dernier réseau représentent une insuffisance annuelle de 81,600,000 francs, dont 16 millions à la charge des compagnies et 65,600,000 francs à la charge de l'État. On ne doit pas douter que la charge entière ne finisse par incomber à l'État.

L'exploitation des lignes du dernier réseau ne peut donc être que ruineuse pour l'État comme pour les grandes compagnies.

Si l'on considère l'hypothèse de l'exploitation directe par l'État, les résultats sont tout aussi désastreux, mais en outre on froisserait gratuitement et bien imprudemment l'opinion publique qui est avec raison hostile à l'exploitation directe par l'État.

M. Lejeune estime que l'exploitation du dernier réseau doit revenir à l'industrie privée ; il est convaincu que des entreprises d'exploitation réduiraient à moins de 50 millions l'insuffisance annuelle d'exploitation qui s'élèverait pour le moins à 82 millions comme on vient de le voir.

Tarifs. — Cette question exige des développements considérables. M. Lejeune n'en dira que ce qui est indispensable à la justification de ses conclusions.

La recette du dernier réseau dépendra en grande partie des tarifs qu'on y appliquera. La formule mise en avant étant les « *tarifs comme en Belgique*, » il montre qu'une ligne pouvant donner 6,000 francs avec les tarifs des Compagnies secondaires françaises, ne donnerait plus que 4,200 francs avec les tarifs de l'État belge.

Il importe que l'on sache à quel sacrifice correspond la susdite formule. M. Lejeune montre que si on avait appliqué les tarifs de l'État belge au trafic du réseau d'intérêt général français, en 1880, la moins-value des recettes eût été de 186 millions.

Dans peu d'années cette formule coûterait aux contribuables 200 millions par an.

M. Lejeune s'élève énergiquement contre l'erreur économique qui consiste à prétendre qu'à chaque abaissement de tarif correspond un accroissement inespéré de transports. Il proteste contre l'assimilation que l'on fait entre les transports par chemins de fer et le transport des lettres. Il dit que la consommation règle seule les transports des marchandises et que cette consommation est en rapport avec l'état de prospérité d'un pays. On se trompe quand on pense que des réductions de taxes augmenteraient brusquement la production agricole et industrielle et que, d'un autre côté, la consommation augmenterait elle-même subitement pour se mettre en équilibre avec la production.

On vient de voir d'une part que le capital du dernier réseau exigera une annuité de. . . . . 200 millions.
D'autre le déficit d'exploitation doit atteindre. . . . . 100 —
Si on y ajoute la moins-value de recette attribuable aux abaissements de tarifs, soit. . . . . 200 —

On constate que l'État s'engage en définitive dans une voie qui doit surcharger annuellement les contribuables d'une dépense de. . . . . 500 millions.

M. Lejeune ne voit d'autre progrès à réaliser, dans l'état actuel de la question, que le dégrèvement de l'impôt sur le transport des voyageurs, progrès très sensible, puisque le public économiserait près de 20 pour 100 de la taxe qu'il paye actuellement aux guichets des billets.

Conclusion. — On paraît n'envisager la *Réforme des chemins de fer* qu'au point de vue exclusif des réductions de tarifs. Ce genre de réforme aurait pour premier résultat d'aggraver brusquement la situation des lignes principales, en augmentant le nombre de voyageurs et par suite le nombre de trains, alors que ces lignes en sont arrivées sous ce rapport à la saturation. Ce serait précipiter la crise aiguë que l'on doit prévoir avec le *statu quo*.

La véritable réforme réside principalement dans la création de grandes lignes de décentralisation ayant leurs gares propres dans toutes les localités qu'elles desserviront et n'ayant pas de troncs communs avec les lignes actuelles. Cette réforme s'impose comme une mesure de salut public.

Si l'État comprend ainsi la nécessité de la réforme, il doit nécessairement en poursuivre la réalisation coûte que coûte : d'accord avec les grandes compagnies ou malgré elles. Dans ce dernier cas, le rachat s'imposerait à l'État qu'il le veuille ou non.

M. Lejeune se place à un point de vue purement technique qui ne lui permet pas de prendre parti pour ou contre le rachat; il n'a en vue que d'exposer la situation et de proposer des solutions.

Pour que le remaniement des réseaux s'effectue sans rachat, il ne voit qu'un moyen : c'est que les grandes compagnies prennent délibérément l'initiative de la vraie réforme. Il estime que ces compagnies devraient arrêter, d'accord avec l'État et au moyen de conventions nouvelles, les bases d'un nouveau tracé général. A cette fin, elles devraient constituer un syndicat sans lequel il serait impossible d'imprimer à l'élaboration d'un vaste plan l'unité de vues et la force indispensables. Ce syndicat organiserait un *Clearing-house* à qui serait dévolue l'étude de tous les tarifs communs, ainsi que le contrôle et le partage du trafic passant d'un réseau sur l'autre.

Dans le cas où les grandes compagnies refuseraient de se prêter à la solution qu'exige l'intérêt général et forceraient ainsi l'État à les racheter, il importe que l'on soit fixé sur les conséquences financières de cette opération.

M. Lejeune entre dans des détails pour montrer que le rachat peut s'effectuer sans léser les intérêts en présence. Les annuités que l'État aurait à payer aux compagnies seraient prélevées sur les recettes mêmes, et les plus-values à venir serviraient de déversoir pour combler les insuffisances du dernier réseau. Il s'attache à montrer que les porteurs de titres, et particulièrement ceux des compagnies qui n'ont pas reçu d'avances pour garantie d'intérêts, n'auraient qu'à gagner à cette opération.

En résumé, M. Lejeune dit que la réforme des chemins de fer doit s'entendre d'un ensemble de mesures inséparables et qu'on ne peut l'aborder par des détails sans s'exposer à de graves mécomptes.

La réforme doit se résumer de la manière suivante:

Reviser les tarifs pour les simplifier et pour pouvoir appliquer sur tout le territoire une classification et des tarifs généraux uniformes, en prenant pour base des taxes de petite vitesse la valeur des marchandises et leur densité;

Dégrever le transport des voyageurs de la totalité de l'impôt et, pour le moins, du second dixième frappé en 1871 ;

Dégager l'étude des combinaisons nouvelles de la solution de l'exploitation directe par l'État et repousser cette combinaison aussi impopulaire que préjudiciable aux intérêts du trésor;

Remanier les réseaux concédés et les conventions de manière à constituer des lignes transversales de décentralisation et de désencombrement et à faire participer immédiatement l'État aux plus-values annuelles des recettes;

Créer de plusieurs points du territoire, sur les frontières allemande et italienne, plusieurs lignes parallèles à double voie, en vue de garantir la sûreté et la célérité des opérations militaires de la concentration ;

Confier l'exploitation des grands réseaux remaniés à l'industrie privée, c'est-à-dire aux compagnies actuelles qui resteraient *concessionnaires* ou *deviendraient* fermières, suivant que le rachat se ferait ou ne se ferait pas.

Faire de la création du réseau des ponts et chaussées et de son exploitation une œuvre à part; en confier la construction à de grandes entreprises de travaux et l'exploitation à des entreprises spéciales. Échanger, entre ce réseau et les réseaux actuels, les chemins ou tronçons de chemins nécessaires à la formation des grandes lignes transversales, comme à la composition homogène des groupes régionaux affermés aux entreprises d'exploitation.

Quoi qu'on fasse et quoi qu'on dise, le moment des solutions ne peut plus être différé, aussi ne saurait-on trop solliciter le Parlement d'aborder résolument la réforme des chemins de fer sur les bases qui précèdent et quelles que soient les résistances qu'il rencontrera.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Lejeune de sa communication, et pense qu'en raison de la variété et de l'étendue du sujet il convient d'en remettre la discussion à la séance du 31 mars.

L'ordre du jour appelle la suite de la discussion sur la communication de M. Cotard, sur la Théorie générale de l'aménagement des eaux dans ses applications aux travaux d'amélioration de la navigabilité des cours d'eau.

M. HUTTEAU rappelle que dans les dernières séances, M. Cotard était amené à poser cette question : Les lois qui régissent les cours d'eau, présentent-elles une certaine analogie, et peut-on, en partant de ces lois, établir une théorie de l'aménagement des eaux.

Assurément ces lois présentent une certaine unité, elles sont déjà connues, elles peuvent conduire à la connaissance de l'état hydrologique d'un fleuve. C'est là le vrai point de départ d'un système d'aménagement conciliant autant que possible tous les intérêts.

M. Cotard formule les lois principales de l'évolution d'un cours d'eau depuis les temps primitifs, et fournit à ce sujet des appréciations aussi intéressantes qu'exactes.

M. Cotard n'a eu en vue, je crois, que les cours d'eau torrentiels ; ce qu'il nous a exposé ne s'applique pas aux cours d'eau tranquilles.

Il convient d'établir une distinction entre ces cours d'eau torrentiels et les cours d'eau tranquilles. Il est bien certain que les deux types peuvent se présenter, avec des variantes, dans le bassin d'un fleuve.

Quelques exemples me permettront de m'expliquer plus clairement.

Tout le monde sait que la Seine était primitivement un cours d'eau d'une grande puissance : on retrouve partout son ancien lit sous les alluvions modernes du fleuve. Cet ancien lit souvent atteint par les travaux de dragage ne s'est pas abaissé ; le fleuve n'a pas une vitesse suffisante pour entraîner ou remanier les anciens graviers de fond. Son étiage ne s'est pas abaissé depuis les temps historiques.

Les mêmes observations s'appliquent aux cours d'eau analogues à la Seine, c'est-à-dire aux cours d'eau tranquilles dont les sources émergent

de terrains perméables, ne produisant par suite pas de crues violentes, et ne tarissant pas en été.

Les crues de quelque violence que la Seine possède à Paris, ne proviennent que de l'Yonne. Les affluents de cette rivière recevant l'eau qui ruisselle sur les terrains imperméables des granits et des argiles du Lias sont par suite torrentiels; leurs crues sont violentes, ils tarissent souvent en été.

En résumé, la Seine est un cours d'eau tranquille dans sa partie haute; son allure se modifie à partir du confluent de l'Yonne à Montereau.

On voit par cet exposé très sommaire que le bassin d'un fleuve peut se composer d'éléments très différents, et combien il importe de les bien connaître pour en tirer parti au point de vue d'un aménagement d'ensemble.

Pour les bien connaître, il faut jauger fréquemment les divers cours d'eau, observer leur allure, leurs crues respectives, la pluie tombée en chaque région, enfin établir de toutes pièces l'état hydrologique du bassin.

Ce travail peut être fait pour tous les fleuves, ce qui a été fait pour la Seine le prouve surabondamment.

La société des études du Nil préconise actuellement pour ce fleuve les mêmes recherches. M. de la Motte n'hésite pas à affirmer qu'il ne sera rien entrepris de réellement utile pour le Nil, sans tenir compte de ces études.

Les études hydrologiques sont poursuivies avec le plus grand succès, pour la Seine, depuis vingt-cinq ans.

On en est arrivé à prévoir exactement deux ou trois jours à l'avance l'importance des crues. C'est ce qui n'avait pas lieu précédemment lors des crues annuelles, ou lors des grandes inondations qui ne se reproduisent heureusement qu'une fois à peine par siècle.

L'irruption toujours imprévue des eaux entraînait fréquemment la perte des bestiaux et des récoltes. L'annonce des crues permet actuellement de restreindre considérablement les sinistres.

Les recherches relatives à la nature des rives et du fond, à tout ce qui touche en un mot au fleuve proprement dit, ont toujours été faites, mais il n'en est pas de même pour l'ensemble du bassin correspondant.

Des études hydrologiques importantes, il est vrai, ont été entreprises en France pour divers bassins, mais elles sont encore incomplètes.

Peut-être faut-il attribuer à cet état de choses, le manque d'ensemble de certains travaux d'amélioration, et aussi l'antagonisme qui semblerait exister entre les divers intérêts.

La conclusion de ces observations à laquelle j'arrive, est qu'il faut hâter les études hydrologiques, ce que M. l'ingénieur Georges Lemoine appelle : l'*Inventaire de la richesse des fleuves*.

Il est à désirer, qu'une direction unique soit imprimée à tout ce qui se rapporte aux eaux de chaque bassin fluvial; à cette condition, il sera possible d'arriver à un aménagement des eaux conciliant les divers intérêts.

M. LE PRÉSIDENT rappelle que, dans la dernière séance, la discussion était arrivée à se concentrer sur le point spécial de l'amélioration de la navigabilité des cours d'eau; M. Hutteau, tout en nous montrant l'utilité d'étudier avec soin l'hydrologie complète de chaque bassin, n'est pas entré absolument dans le sujet. M. le Président eût désiré que quelqu'un traitât la question particulière des travaux d'amélioration du Rhône, celle d'autres fleuves, tels que la Garonne, la Loire, la Seine, étude que l'on a déjà effleurée. Puisque personne ne se présente, M. le Président s'adresse à M. Cotard, pour le prier de formuler une conclusion à son travail.

M. COTARD se propose de résumer les diverses considérations qu'il a présentées dans les dernières séances. L'action des eaux sur le sol, l'allure générale des rivières, la forme de leurs bassins, leurs sinuosités, sont les résultats de lois uniformes, mais qui se manifestent dans des conditions très diverses variant d'un fleuve à l'autre et qui dépendent du volume d'eau, de la vitesse du courant, de la pente et de la nature des terrains. Ces lois générales doivent permettre de déterminer des principes communs pour l'amélioration des cours d'eau. Les travaux exécutés n'ont pas, jusqu'à présent, donné les résultats qu'on en attendait. Malgré les efforts considérables que l'on a poursuivis sur le Rhin, l'Oder, l'Elbe, la Garonne et autres fleuves, on est obligé de reconnaître qu'en dehors des systèmes spéciaux, de barrages et d'écluses, les améliorations de tirant d'eau ont été à peu près nulles.

Pour le Rhône, on peut même exprimer la crainte que les travaux entrepris ne soient entièrement perdus, et que la situation ne devienne plus mauvaise après leur exécution. Il y a donc là une question bien intéressante et bien digne de l'attention des ingénieurs. M. Cotard a cherché de nouveaux moyens d'investigation en essayant de remonter aux lois générales qui peuvent guider dans ces recherches et éclairer les points obscurs d'une telle étude. Il s'est efforcé de montrer que la configuration générale des bassins qui forment une succession de cuvettes dont les eaux se déversent de l'une dans l'autre, se retrouve dans le lit même des rivières, qui présentent, elles aussi, une série de fosses séparées par des seuils. Il a montré que l'action naturelle des eaux tend à abaisser ces seuils, et, par conséquent, à multiplier ces hauts fonds, à diminuer les tirants d'eau, à abaisser les étiages et à augmenter les vitesses.

Si cette loi générale est vraie, on doit se garder, dans les travaux qui ont pour but l'amélioration des cours d'eau, de hâter l'œuvre de la nature, comme on le fait dans le Rhône, en draguant les seuils qui y existent encore; car alors, les eaux animées d'une plus grande vitesse approfondissent le chenal qui leur est offert et ravinent leur lit; l'équilibre ne peut plus se rétablir, entre la vitesse et la résistance du sol, que lorsque l'abaissement du plan d'eau à l'amont a de nouveau réduit les pentes; mais cet abaissement fait alors apparaître de nouveaux seuils; les chutes en amont deviennent plus grandes, de sorte que, suivant la figure déjà employée par

M. Cotard, on se trouve comme en présence d'un escalier que l'on essayerait de gravir en en abaissant successivement les marches.

Ces phénomènes se sont malheureusement déjà produits sur le Rhône, comme le prouve l'abaissement de près de 1m,50, observé à Lyon. Le fleuve présentait un certain nombre de seuils; en voulant les supprimer, on les a multipliés. Les travaux exécutés tendent à produire un haut fond continu. C'est ainsi que s'exerce le travail des eaux. La puissance que représente la chute des eaux moyennes du Rhône est d'au moins 2,000 chevaux par kilomètre; cette puissance, localisée sur les seuils, s'absorbe à chaque chute, dans les parties profondes; en supprimant ces seuils, on met en liberté cette force énorme qui s'emploie alors à remanier le lit du fleuve et à accélérer de la façon la plus grave le travail destructeur de la nature. En résumé, M. Cotard croit que l'on fait fausse route, en espérant obtenir par des dragages ou des resserrements une augmentation de profondeur; on n'aboutira qu'à un accroissement de vitesse, à la création de nouveaux seuils et à un abaissement général du plan d'eau. Il pense que le système qui consiste, pour compenser les pertes de hauteur provenant des dérasements de seuils, à faire passer le fleuve sur des bancs de gravier en évitant les parties profondes, est également défectueux, parce que de nouveaux bouleversements du lit se produiront et qu'on aura, de plus, perdu l'avantage que présentaient des mouilles tranquilles, servant de ports à des villes déjà créées et rendu le halage impraticable. Pour toutes ces raisons, M. Cotard croit avoir démontré suffisamment que les travaux exécutés et projetés ne doivent aboutir qu'à des mécomptes.

Il resterait maintenant à examiner ce qu'il y a faire; s'il faut adopter un système mixte de barrages, ou s'il faut créer un canal latéral. Cette dernière solution, depuis longtemps indiquée par M. Krantz, a l'avantage d'être la plus sûre; le coût d'exécution de ce canal ne dépasserait pas, vraisemblablement, les estimations qu'a faites cet éminent ingénieur.

D'autres ingénieurs pensent que l'on pourrait employer un système mixte, comprenant, dans certaines parties, des barrages, et, dans d'autres, une amélioration du lit de la rivière. Il y a là, évidemment, matière à une étude très sérieuse, mais c'est un problème qu'il faudrait aborder franchement.

Comme conclusion, M. Cotard insiste sur ce principe, qu'on doit écarter autant que possible les systèmes qui amènent des abaissements du plan d'eau, et que les méthodes rationnelles doivent, au contraire, avoir en vue d'élever les niveaux et de diminuer les vitesses. Il ajoute que cette question des travaux touche à des intérêts de premier ordre et qu'elle mérite au plus haut degré que l'étude en soit reprise. Il a pensé que, sans prétendre indiquer tout de suite la solution définitive, il lui avait paru utile de poser le problème et d'indiquer la voie dans laquelle la solution lui paraissait devoir en être cherchée.

M. Molinos croit que l'on doit garder une certaine réserve dans les appréciations sur des travaux qui sont encore en cours d'exécution; mais si l'on en juge, pour le Rhône, par les résultats déjà acquis, il y a lieu de

craindre que les appréhensions de M. Cotard ne soient justifiées. Les abaissements de seuils, dont a parlé M. Cotard, ont produit des augmentations de vitesse considérables, et surtout multiplié les rapides. Ainsi les passages de Charmes et de Soyons présentaient autrefois des courants de 3 à 3^{m},50, qui paraissent aujourd'hui atteindre 3^{m},80 à 4 mètres. Ce résultat est extrêmement dangereux pour la batellerie. Les bateaux de la Compagnie générale de navigation du Rhône tirent 0^{m},85; pendant un grand nombre d'années, on a pu constater que l'étiage baissait jusqu'à 0^{m},65, et restait à ce niveau pendant quatre ou cinq mois de l'année; sans doute, une augmentation de profondeur de quelques décimètres serait un résultat désirable; mais s'il doit être acheté au prix d'un accroissement de vitesse, cet avantage sera largement compensé par les inconvénients qu'il entraînera. Il faudra, en effet, augmenter la puissance des bateaux, et toutes les personnes qui connaissent les conditions d'établissement de la batellerie du Rhône savent combien un pareil problème est difficile à résoudre.

M. Edmond Roy demande s'il n'y aurait pas moyen de faire cesser l'antagonisme qui semble exister entre la chambre de commerce et les principes d'irrigations, et de mettre d'accord ces deux intérêts, jusqu'ici opposés, en utilisant le canal de navigation pour l'irrigation.

M. le Président répond que c'est précisément cette solution-là qui est à l'étude.

M. le Président espère que M. Molinos voudra bien nous apporter les chiffres qu'il nous a promis. Il remercie M. Cotard d'avoir ouvert avec autant d'ampleur, devant notre Société, la question si importante de la navigabilité de rivières; il pense que la discussion doit être close aujourd'hui, mais sans fermer la porte aux idées ou aux renseignements qui nous seront apportés ultérieurement.

M. le Président félicite surtout M. Cotard d'avoir posé la question dans sa généralité; la conclusion que nous devons en tirer est maintenant évidente pour nous : il nous faut combattre l'action destructive de la nature et non pas la hâter. Il ne nous reste plus qu'à étudier les exigences spéciales que chacun de nos fleuves peut réclamer. Pour sa part, M. le Président compte demander à M. Bouquet de la Grye de nous apporter ici les documents précieux et les très intéressantes études qu'il possède sur les travaux de la Charente.

M. le Président donne la parole à M. Léon Dru pour une communication sur un nouveau percement, celui de l'isthme de Krau, au sud du royaume de Siam, dans la presqu'île de Malacca.

M. Dru expose le grand intérêt qui s'attache à l'établissement de voies nouvelles facilitant les relations commerciales entre des nations éloignées, et il fait voir comment ce rapprochement, déjà établi entre l'Europe et l'Asie par l'exécution du canal de Suez, sera complété par la traversée de la presqu'île de Malacca.

Quand on examine avec attention, dit M. Dru, la carte de l'archipel d'Asie, on est frappé de la configuration du groupe des îles et de la péninsule malaise, qui entrave la communication du golfe de Bengale avec la mer de Chine. On remarque que la presqu'île de Malacca oblige la navigation à faire un détour très accusé vers le sud, en longeant l'île de Sumatra, augmentant ainsi de près de quatre jours en moyenne le trajet des bâtiments qui font route vers la Chine et le Japon, en les exposant ainsi au passage souvent dangereux du détroit qui sépare la péninsule de l'île de Sumatra; les courants y sont rapides et déplacent les fonds et les atterrissements des côtes; les vents resserrés par les hautes terres de Sumatra y causent des tempêtes et donnent naissance aux cyclones et aux typhons si redoutés dans ces parages. Il n'est pas jusqu'aux épais brouillards que les marins désignent sous le nom de Sumatras, qui ne rendent la navigation périlleuse pendant de longues heures. Le phénomène des moussons apporte encore des difficultés pour l'entrée ou la sortie du chenal, et oblige les bâtiments à voiles à des stations souvent prolongées dans le détroit de Singapour.

On comprend facilement, alors, ce que l'étude du projet de percement de l'isthme de Krau peut offrir d'intérêt, en éloignant toutes ces difficultés.

La Péninsule malaise s'étend de 1° 15′ à 10° 15′ de latitude nord. Elle a environ 1,190 kilomètres de longueur sur 100 à 300 de largeur. Sa surface est divisée en trois parties :

1° Le Nord, formant la suite des Indes anglaises et du continent Siamois des bords du Muang-Klang aux rives du Salouëen;

2° Le Sud, avec les États indépendants de Pérak, Salangore, Pahang, Rumbo et Djohore, dont quelques-uns sont presque déserts, notamment la province de la Salangore et le Centre de la Péninsule; puis les possessions anglaises de Malacca et de Wellesleg, en face de l'île Penang;

3° Le Centre comprenant les pays tributaires du royaume de Siam et se rattachant à ce dernier par une bande qui suit parallèlement le golfe de ce nom et les possessions anglaises du nord.

C'est dans cette dernière partie, la plus étendue de toutes, que se trouvent les passages qui pourraient être pratiqués, en dehors des colonies européennes.

Depuis longtemps déjà, un certain nombre de voyageurs ont désigné l'isthme de Krau, comme offrant une voie de communication facile entre les deux mers; non seulement par suite du peu de largeur de la Péninsule en cet endroit, mais encore à cause de l'abaissement de la chaîne de montagnes qui court au centre et forme la ligne de séparation des deux versants.

Cette contrée fut surtout reconnue avec soin par le capitaine Tremencheere (1843), Frasen et Forlong (1862), qui en ont donné des relations très détaillées.

Les capitaines Frasen et Forlong, rejetant le projet d'un canal maritime,

auraient indiqué un tracé de chemin de fer pour l'établissement duquel la dépense s'élèverait à environ 8,000,000.

Cette idée de construction de chemin de fer est rejetée par M. Dru ; il nous montre, en effet, que l'économie de temps gagné sur le trajet serait atténuée par la perte que demanderaient deux transbordements.

Au contraire, l'établissement du canal qui nécessiterait, il est vrai, une dépense plus importante, écarterait toutes ces difficultés. Cette construction serait d'autant plus facile que dans cette région, il existe deux cours d'eau importants dont l'un, le Pack-Cham, s'écoule dans la mer des Indes, l'autre, le Tayoung, se perd dans le golfe de Siam, il suffirait de les canaliser et de les réunir par une tranchée.

Le Pack-Cham est un large fleuve qui sépare la province de Ténasserim des pays tributaires de l'empire de Siam, c'est un chenal naturel présentant plutôt le caractère d'un bras de mer que d'une rivière proprement dite; il n'a pas moins de 3 kilomètres de largeur à son embouchure, et offre, sur les 16 premiers kilomètres de son parcours, des fonds de 12 à 13 mètres; à 25 kilomètres, près du confluent du Khou-Mou-Yaï, il y a encore des fonds de 9 mètres; puis 5m,50 à celui du Lam-lee-Young, et au-dessus, 1m,80 à 2 mètres.

Le profil des travaux à exécuter ne commence véritablement qu'à 34 kilomètres de la pointe Victoria, c'est un approfondissement du lit du fleuve jusqu'à 60 kilomètres, situé au confluent de la Sa-oua. Là, il suffit d'un canal en berge d'une longueur de 11 kilomètres pour traverser le seuil dont l'altitude est d'environ 30 mètres, et joindre le cours du Pack-Cham à celui du Tayoung qui déverse ses eaux dans le golfe de Siam, en prenant le nom de Tseompeon à partir du village de Phai. Cette rivière n'a qu'une faible profondeur, aussi nécessiterait-elle un dragage très important. La réalisation de ce projet donnerait en chiffres ronds un cubage de 30 millions de mètres cubes.

M. Dru indique également un autre projet qui consisterait à abandonner le cours du Tseompeon inférieur pour réunir depuis Phai le Tayoung à la mer par une tranchée de 4 kilomètres et par le Tseompeon supérieur. Le volume est à peu près le même, soit 32 millions de mètres cubes.

Ces deux tracés sont les plus directs et les plus faciles, ils donnent le cubage le moins élevé, le canal étant creusé entièrement dans le lit de la principale rivière du versant est.

Si des considérations pratiques s'opposent à ce tracé en raison des variations du régime de la rivière du Tayoung et dans la crainte d'ensablements, on aura alors recours au creusement d'un canal parallèle à la rivière dans le thalweg jusqu'à Phai, où l'on reprendrait le Tseompeon supérieur par la tranchée de jonction ou bien par la continuation de la tranchée parallèle dans l'intervalle des deux fleuves.

Cette troisième combinaison qui abandonne le cours entier du Tayoung se chiffre par un cube d'extraction fort important, qui ne devra pas être inférieur à 38 millions de mètres cubes.

A ces trois directions, qui sont les mêmes jusqu'à Phai, il convient d'ajouter la quatrième par Krau.

Cette dernière, qui se rapporte à l'idée générale de suivre entièrement la direction indiquée par les cours d'eau, à partir du Pack-Cham, est la plus ancienne; elle donnera le cubage le plus considérable. La rivière de Krau décrit de nombreuses courbes; elle est encaissée dans son thalweg que domine par moment la route qui conduit à Tasan. Si l'on applique à la rectification de son lit, les courbes de 2 à 3 kilomètres de rayon acceptées dans le tracé du canal de Panama et reconnues aujourd'hui indispensables aux grands navires de commerce, le cube du déblai pourra bien être supérieur à 45 millions, suivant le point de partage adopté.

Aussi, est-ce avec intention que, l'année dernière, dans sa brochure intitulée : *la Péninsule Malaise*, M. Dru a inscrit les évaluations entre 25 et 100 millions, laissant celle du passage de la Krau se rapprocher plus ou moins du chiffre extrême que limitait le cubage exagéré du projet Tremencheere.

M. Dru signale également deux autres points de la péninsule Malaise, où le resserrement de la presqu'île laisserait espérer l'établissement d'un canal de jonction entre les deux mers, ce sont : les isthmes de Chai-ya et de Talung. Ce dernier surtout n'offrirait qu'une largeur de 60 à 70 kilomètres; mais le peu de relations de voyage que l'on possède sur cette partie de la presqu'île ne permet pas, jusqu'à de nouvelles explorations, de donner des renseignements assez précis en vue d'un percement.

Après cet exposé sur la situation géographique de l'Isthme de Krau, il convient d'indiquer par des chiffres l'avantage qui, au point de vue commercial et financier, pourrait résulter du percement.

Sur les bases qui précèdent, on peut essayer de chiffrer quelques termes de la dépense.

Le prix moyen, d'après les rapports des commissions du canal interocéanique de Panama, est de 3 fr. 60 le mètre cube pour l'extraction des roches et 2 fr. 50 pour les terrains tendres. Ces estimations n'ont rien d'exagéré et devront même subir une réduction si l'on tient compte du bas pris de la main-d'œuvre dans ces pays et du nombre considérable de travailleurs qui viendront affluer sur les chantiers.

Quels que soient d'ailleurs ces avantages, et en conservant les prix de base qui viennent d'être cités, on arrive pour les cubages de 30 à 38 millions de mètres cubes à une dépense de 80 à 100 millions.

D'après les statistiques commerciales il y a lieu d'espérer, dans un laps de temps assez rapproché, un tonnage de 1,300,000 et même de 1,500,000 tonnes suivant les évaluations faites par les personnes versées daus ces calculs de statistiques. Les bâtiments qui feront usage de cette voie maritime payant un droit de 3 francs et peut-être même de 4 francs par tonne, le total du transit atteindra la somme de 4 à 6 millions, soit à 5 pour 100 un capital de 80 à 120 millions.

Dans ces conditions l'exécution paraît assurée.

L'avantage qui en résulterait pour le commerce serait de raccourcir de quatre jours au moins le voyage en Chine, d'éviter les dangers qu'offre à la navigation le détroit de Malacca et d'établir une communication directe avec le royaume de Siam et surtout avec l'Annam, le Tonquin et notre possession de Cochinchine, qui deviendrait le foyer central du trafic avec l'Empire chinois dont le monopole est actuellement réservé à Hong-Kong.

La France ne peut donc rester indifférente à ces questions de politique commerciale, les grandes entreprises qu'elle a patronnées des isthmes de Suez et de Panama, des travaux projetés entre la France et l'Angleterre du tunnel sous-marin de la mer intérieure Saharienne et de la voie ferrée du Sénégal au Niger, lui imposent le devoir de maintenir les traditions qui donneront la prospérité à ses colonies.

M. Léon Dru indique que des renseignements très intéressants ont été publiés sur ce sujet par le capitaine Ross. L'économie n'est sans doute pas comparable à celle des passages de Suez ou de Panama, mais elle est néanmoins à considérer, parce que, pour les bâtiments qui consomment beaucoup de charbon, elle se traduit par une somme assez forte; les bateaux des deux compagnies qui font ce service, la Péninsulaire orientale et les Messageries maritimes, consommant 45 tonnes de charbon par vingt-quatre heures, le nouveau passage permettrait d'économiser près d'un million par an.

M. Léon Dru dit, en terminant, que toutes les données qu'il a exposées dans le programme du percement de l'isthme de Malacca reposent sur des relations de voyageurs et qu'elles sont destinées à être vérifiées par des explorations nouvelles.

Il ajoute que les Anglais étaient sur le point d'exécuter ce projet, il y a déjà vingt ans, et comme cette question est en général assez peu connue, il a pensé qu'il y avait là un élément de nature à intéresser la Société, lorsque la discussion s'en présenterait.

M. le Président remercie M. Léon Dru de sa communication.

La séance est levée à onze heures.

MM. Chaillaux, Fortin, Le Bourhis, Piatkowski et Tollet ont été reçus membres sociétaires.

Séance du 17 Mars 1882.

PRÉSIDENCE DE M. Émile TRÉLAT.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 3 mars est adopté.

M. LE PRÉSIDENT annonce qu'il a reçu de M. Boulé la demande d'une légère rectification à la rédaction d'un passage du procès-verbal de la séance du 17 février. M. Boulé était au nombre des ingénieurs des ponts et chaussées qui ont bien voulu assister à la séance à propos de la discussion sur la communication de M. Cotard. Mais il n'a eu connaissance du procès-verbal de cette séance qu'après sa distribution, et il y a relevé le passage suivant, succédant aux observations qu'il avait présentées :

« M. le Président croit pouvoir conclure de ce que vient de dire M. Boulé « que la solution à appliquer consiste, en général, dans la retenue de l'eau, « soit par les barrages, soit au moyen d'un canal latéral, et non dans « l'augmentation de la facilité de l'écoulement par des abaissements de « seuils ou des endiguements. » Le procès-verbal ajoute que cette conclusion est adoptée par M. Boulé ; or, M. Boulé fait observer que cette affirmation, telle qu'elle est formulée, excède un peu sa pensée. Il n'a pas voulu dire que ce fût là la seule solution, et il pense que, suivant les cas particuliers, d'autres systèmes pourraient être employés.

M. LE PRÉSIDENT annonce le décès de MM. Charles Lasseron et Louis Orsat.

M. Charles Lasseron, appartenait à la première promotion de l'Ecole centrale, dont les élèves, au nombre de vingt-six, ont reçu les premiers diplômes d'ingénieurs civils donnés par l'Ecole; nous avons parmi nous en ce moment trois élèves de cette promotion.

A sa sortie de l'Ecole, en 1832, M. Lasseron débuta dans la carrière d'ingénieur par la construction d'une importante fonderie à Niort.

Après l'avoir quittée, en 1845, il se livra aux travaux les plus variés que comporte la carrière de l'ingénieur, jusqu'en 1857, époque à laquelle il établit une distribution d'eau à Alexandrie, en Egypte, en collaboration avec M. Cordier.

Après avoir terminé ce travail, il obtint, en 1862, la concession d'une fourniture d'eau douce en plein désert sur un parcours de 80 kilomètres, le long du canal maritime, entre Ismaïlia et Port-Saïd ; il assura une livraison regulière de 1500 mètres cubes par jour.

A partir de cette époque, et jusqu'à la fin de sa carrière, il ne cessa de s'occuper d'études de distribution d'eaux pour des grandes villes (Suez, Galatz, Constantinople), il avait terminé les études préparatoires pour les eaux d'Alger et était sur le point d'en obtenir la concession, lorsque la mort est venue l'arrêter le 5 février, après une longue et honorable carrière consacrée au travail jusqu'au dernier moment.

M. Brüll demande la permission, en attendant que les comptes rendus enregistrent les travaux techniques et la carrière de M. L. Orsat, d'adresser quelques mots d'adieu à ce camarade, à cet ami avec lequel il était lié depuis plus de vingt-cinq ans.

L. Orsat était ancien élève de l'Ecole polytechnique; sorti dans un rang très distingué, il aurait pu obtenir le grade d'ingénieur des ponts et chaussées, mais il a préféré se consacrer à l'industrie qu'exerçait son père. M. Rohart avait introduit des procédés nouveaux dans la fabrication de la céruse, et avait fondé, à Clichy-la-Garenne, une industrie pour la production de cette utile matière. Son gendre, Orsat, avait continué cette exploitation, et notre ami avait voulu suivre la même carrière que son père. Pour compléter ses connaissances, il suivit, en qualité d'externe, les cours de l'Ecole des mines; depuis, il a introduit dans la fabrication plusieurs perfectionnements qui intéresseront les spécialistes. On peut citer en particulier l'appareil ingénieux qu'il a combiné pour l'analyse des gaz, au moyen duquel cette analyse, qui exigeait auparavant des connaissances spéciales et des instruments délicats, peut être faite en une minute par le premier ouvrier venu. Il dosait ainsi très rapidement l'oxygène, l'acide carbonique, l'oxyde de carbone et, par différence, l'azote. Cet appareil a été utilisé ensuite dans un grand nombre de cas dans les industries chimiques et métallurgiques. M. Orsat était un travailleur infatigable aussi bien qu'un industriel savant et soigneux; il donnait volontiers ses soins à la chose publique. Il a fait partie d'une commission de salubrité qui a décidé les questions d'assainissement, et en particulier la question de l'utilisation des eaux d'égout à Gennevilliers. Il s'est consacré pendant plus d'un an à l'étude de ce sujet, en qualité de secrétaire, et son travail a été fort remarqué. Pendant la guerre, il s'était occupé de la fabrication des cartouches. Il avait reçu, en 1871, la croix de la Légion d'honneur. Enfin, tous nos Collègues savent les bonnes relations que nous avons toujours eues avec ce camarade ; ils se souviennent qu'il a été honoré plusieurs fois de leurs suffrages comme membre du comité, et que ce n'est que par suite du mauvais état de sa santé qu'il avait dû se retirer dans ces dernières

années. Tous garderont le souvenir de ce cœur si droit, de ce caractère si bienveillant, de cette intelligence si nette et si élevée.

M. LE PRÉSIDENT rappelle que la Société aura à décerner cette année, dans la séance du 16 juin, le prix Nozo, d'une valeur de 829 francs, et que les travaux admis au concours sont les mémoires primés pendant les années 1880, 1881, 1882, et les mémoires remis par les membres du bureau et du comité pendant les années 1879, 1880, 1881. Le jury se composera du Président, des quatre Vice-présidents, et de trois membres de la Société élus au scrutin secret, en outre de trois jurés supplémentaires, pour remplacer les jurés empêchés. M. le Président annonce donc que, dans la prochaine séance, l'assemblée aura à voter sur trois membres titulaires et trois membres suppléants.

M. SCHALLER a la parole pour sa communication sur le chemin de fer métropolitain de la ville de Vienne (Autriche).

Dans une première partie de son travail, M. Schaller traite le côté général et économique de l'entreprise; il établit une comparaison très complète entre le tracé souterrain, tel qu'il a été exécuté au Métropolitain de Londres, et le tracé aérien, comme celui de l'Elevated Railroad de New-York, et il démontre, par de nombreux arguments, qu'en raison de la configuration générale du sol de la ville de Vienne, c'est le tracé maintenant dans la plus grande partie de son parcours le chemin de fer au-dessus du sol, et représenté par le projet Fogerty et Bunten, qui réunit à peu près tous les avantages. Après quelques considérations sur l'insuffisance et la lenteur des moyens actuels de communication, et sur la nécessité d'établir un nouveau mode de traction à vapeur qui permette aux habitants de Vienne de se rendre rapidement et à bon marché aux campagnes qui entourent la ville, M. Schaller démontre qu'un chemin de fer métropolitain doit se composer de trois sections :

1° Une section allant de la gare François-Joseph, le long du canal du Danube, jusqu'au pont d'Aspern;

2° Une section partant du pont d'Aspern et suivant le bord de la Vienne jusqu'à l'abattoir de Meidling.

3° Une dernière section qui, partant de l'abattoir de Gumperdorf et traversant les faubourgs et la banlieue de l'ouest et du nord-ouest, retourne au point de départ.

Un premier avantage du projet Fogerty est de constituer une ligne circulaire fermée, la seule qui permette d'organiser le service commun des différentes grandes gares par des trains directs ou collectifs, tandis que le projet de la Société de construction viennoise, par exemple, supprime la section centrale qui sera précisément la plus importante au point de vue du service de banlieue.

M. Schaller fait ensuite ressortir que, vu les conditions géologiques et topographiques de la ville de Vienne, la seule solution rationnelle consiste à maintenir au-dessus du sol les deux premières sections, en laissant la troisième au-dessous. Si l'on veut conserver le chemin de fer souterrain sur tout son parcours, comme le fait le projet de la Société de construction viennoise et les autres, on est conduit à des difficultés considérables, en particulier la nécessité d'admettre des rampes de $\frac{1}{20}$ et $\frac{1}{50}$ au minimum. En dehors de la question d'exploitation et de dépenses, un chemin de fer entièrement souterrain devrait être placé, en certains points, à des profondeurs qui nécessiteraient des escaliers de 12 à 14 mètres ; on se trouverait dans un sol d'infiltrations composé de gravier imbibé d'eau ; on rencontrerait un réseau d'égouts compliqué et si peu connu, que leur déplacement entraînerait des frais imprévus, et des difficultés sans nombre. Enfin, il faut également considérer le bien-être des voyageurs, et il n'est pas douteux que chacun préférera faire le trajet en plein air que d'être enfermé dans des tunnels, ou au fond de sombres tranchées. Le chemin aérien, sur viaducs métalliques, donnera satisfaction à tous les intérêts : il ne portera aucun préjudice à la transformation de la ville, en se prêtant aux déplacements nécessités par la rectification des voies et des constructions; il permettra une accélération importante dans le service de la poste, et donnera toutes les satisfactions au point de vue stratégique, en établissant une communication entre les différentes lignes aboutissant à Vienne, et en reliant entre eux l'arsenal et les dépôts situés dans l'intérieur de la ville avec les autres établissements militaires placés à l'extérieur.

Après avoir présenté quelques considérations sur le côté financier de l'entreprise, M. Schaller passe en revue les objections faites par certains artistes au projet Fogerty. Il montre par des exemples que le chemin de fer aérien ne nuira nullement aux constructions avoisinantes, et dit que le côté de l'art qu'il faut envisager, dans un semblable projet, c'est celui qui a pour but d'embellir l'utile, c'est-à-dire d'imprimer le style du temps aux constructions nécessitées par les besoins modernes de notre siècle. Enfin, il répond, par l'exemple de New-York, à l'objection faite que le métropolitain porterait préjudice aux moyens de communication existants : à New-York, le tramway presque parallèle à l'Elevated Railway, a plus que triplé le nombre de ses voyageurs en deux années depuis l'inauguration de cette dernière ligne.

M. Schaller donnne ensuite quelques détails techniques sur l'exécution du chemin de fer projeté. La ligne sera, dans la partie basse de la ville, élevée sur des viaducs en fer ou en maçonnerie d'une hauteur de 4m,50 à 5 mètres au-dessus du niveau du sol, et, par suite, laissera un passage libre à toutes les voies inférieures qu'elle rencontrera. Elle sera également reliée par des embranchements sur viaducs en fer aux lignes existantes.

Les stations, au nombre de dix-neuf, seront disposées, à tous les croise-

ments du trafic, sur les viaducs eux-mêmes, ou, en d'autres points, dans les tranchées. En admettant un arrêt moyen, dans les stations, de une demi-minute, le cercle de 13 kilomètres sera parcouru en trente-huit minutes.

Les trains pourront se suivre, sur les deux voies principales, dans les deux sens, de cinq en cinq minutes. Les six embranchements permettront en outre au public de se rendre directement dans l'une quelconque des grandes directions aux environs de Vienne, et chacune des compagnies existantes augmentera ainsi son réseau de vingt-cinq stations situées dans l'intérieur de la ville. Une gare centrale, d'une surface considérable, sera établie au quai François-Joseph, avec toutes les installations que comporte une construction de ce genre, pour les commodités du public et les facilités générales de l'exploitation et des correspondances avec les autres lignes.

La question de la traction des trains sur le chemin de fer métropolitain de Vienne a été également une cause principale de préoccupation pour les promoteurs de l'entreprise.

Les systèmes de moteurs électriques, à air comprimé et à eau chaude, ont été mis en comparaison, en tenant compte des résultats obtenus dans les applications où ils ont été employés. Après une étude approfondie, c'est au système de locomotive sans foyer de Francq que l'on s'est arrêté. M. Schaller donne quelques détails sur les avantages de ces locomotives, et sur les expériences dont elles ont été l'objet afin de s'assurer qu'elles seraient capables de remorquer les trains nécessités par le trafic du métropolitain.

M. Schaller termine en donnant le détail des temps de parcours sur la ligne principale et sur les embranchements; il indique que le capital nécessaire pour la construction du chemin sera d'environ 104 millions et que la durée des travaux est estimée à trois années ; il ajoute qu'une commission spéciale, nommée au sein du Conseil municipal de Vienne, a accueilli favorablement et adopté le projet Fogerty, et il exprime l'espoir que le Conseil ne refusera pas une œuvre aussi utile et aussi belle; c'est une question industrielle et économique pour l'avenir de la ville; elle apporte à l'Autriche un capital qui fructifiera pour le bien de toute sa population.

M. LE PRÉSIDENT avait annoncé que la communication de M. Lejeune, sur la question des chemins de fer, serait discutée dans la séance du 31 mars. Sur la demande de plusieurs de nos Collègues, cette discussion sera reportée à la séance d'avril, et celle relative à la communication de M. Schaller aura lieu dans la prochaine séance.

L'ordre du jour appelle la discussion sur le mémoire de M. Lavalard : tramways en Italie; considérations générales; tramways à vapeur de Milan employés comme chemin de fer d'intérêt local; chemins de fer économiques.

M. Rey désirerait avoir quelques explications complémentaires sur certains points qui ne lui paraissent pas avoir été suffisamment éclaircis. Ainsi M. Lavalard a omis d'indiquer la largeur de la voie, le rayon des courbes, l'importance des rampes à franchir, éléments qui ne manquent pas d'intérêt, surtout eu égard aux poids très différents des machines; M. Lavalard a dit que certaines locomotives pesaient 28 à 30 tonnes, charge qui paraît en disproportion avec le nombre de 6 à 7 voitures de tramways qu'elles doivent remorquer, à moins que les rampes à franchir ne soient considérables. D'un autre côté, ce poids semble excessif pour des rails qui ne pèseraient que 18 kilogrammes. M. Rey serait heureux d'avoir quelques renseignements sur ces différents points.

M. Gottschalk dit qu'en effet, l'exposé primitif de la communication de M. Lavalard contenait peut-être quelques lacunes; mais elles ont été comblées depuis, et le mémoire qui sera inséré *in extenso* dans les comptes rendus, donnera à ce sujet toutes les indications désirables.

M. Gottschalk ajoute qu'il a pu voir fonctionner ces tramways à l'occasion de l'Exposition de Milan; ils tiennent lieu, en beaucoup de cas, d'un troisième réseau de chemin de fer, et présentent, à ce titre, un très grand intérêt. M. Gottschalk s'est entretenu de cette question avec M. Massa, directeur des chemins de fer de la haute Italie, et cet ingénieur lui a affirmé que ces tramways ne nuisent nullement au trafic des grandes lignes, mais au contraire les débarrassent du trafic local qui coûte fort cher aux grandes exploitations. Dans certains cas, en outre du chemin de fer et du tramway à vapeur, il existe un tramway à traction de chevaux, qui dessert les points intermédiaires entre les stations; chacun de ces moyens de transport, tout en concourant au même but, s'est créé un trafic spécial; il y a là une solution ingénieuse dont l'application mérite d'être étudiée et encouragée. Les prix de transports sont très réduits, et, d'après les chiffres cités par M. Lavalard, les tarifs paraissent être à base croissante, à l'inverse de ce qui a lieu généralement. M. Gottschalk a eu encore quelques renseignements de M. Sella, ancien ministre, membre honoraire de notre Société; M. Sella lui a dit que, momentanément, les tramways sur routes payent un impôt très faible et entretiennent seulement une portion de la route qu'ils occupent; mais que, dans l'avenir, il est probable qu'ils payeront davantage au fur et à mesure du développement du trafic. Un point également intéressant, c'est que le gouvernement paye une indemnité pour le transport des lettres. D'ailleurs, un projet de loi est à l'étude, pour réglementer l'organisation des tramways à vapeur, mais il est bon de noter que la construction de 800 kilomètres de voie a précédé la confection de ce règlement. M. Gottschalk ajoute que M. Sella se fera un plaisir de donner à la Société, dont il est membre honoraire, tous les renseignements intéressants qu'il peut posséder sur cette question.

Enfin M. Gottschalk rappelle que M. Lavalard avait annoncé un travail sur la comparaison entre la traction mécanique et la traction animale ; il insiste auprès de M. Lavalard, très compétent en cette matière, et qui a

fait des expériences dynamométriques sur la traction des tramways, pour qu'il nous communique les résultats de ses études sur cette question.

M. LAVALARD dit qu'il se fera un plaisir de porter à la connaissance de la Société les chiffres qu'il a promis ; mais ce travail, qui demande un temps considérable, n'est pas encore terminé. Répondant aux observations faites par M. Rey, M. Lavalard dit que, depuis la dernière séance, il a eu connaissance d'un mémoire analogue au sien, présenté par M. Lavezzari, ingénieur italien, à la Société des Ingénieurs civils de Milan ; il se propose de le traduire, et d'en faire une analyse pour la Société ; ce travail est d'autant plus intéressant qu'il contient la réponse exacte aux demandes faites par M. Rey, et donne les conditions de parcours des trains sur toutes les lignes. En attendant, M. Lavalard donne lecture du passage de son mémoire où quelques-uns de ces renseignements se trouvent consignés; il indique que la largeur de la voie est de $1^m,445$; elle est fixée sur des traverses espacées de $0^m,75$. Les rails en acier Bessemer, pesant 17 k. 5 à 18 k. 5, sont placés sur les accotements, et ne sont enfoncés dans le sol que pour la traversée des villages; dans ce cas, c'est la voie Marsillon qui est employée. Le poids des locomotives pour la Compagnie Milano-Vaprio, varie de 8 à 14 tonnes ; c'est pour l'une des lignes aux environs de Rome, présentant des rampes de 50 $^m/^m$, que la Compagnie des tramways et chemins de fer économiques de Rome-Milan-Bologne a employé des machines pesant en ordre de marche jusqu'à 29 tonnes; mais les rails sont en acier et pèsent 28 kilogrammes.

M. MALLET avait également l'intention de signaler à la Société le mémoire très intéressant de M. Lavezzari intitulé : *Tramways della Provincia di Milano* paru dans le numéro de janvier et février du journal *Il Politecnico* et qui renferme des détails très complets sur la question. Il demande à M. Lavalard un renseignement au sujet du nombre des voitures de tramways attelées à la machine. Se trouvant dernièrement en Belgique, il a vu en construction des voitures destinées à un tramway italien, celui de Barletta-Bari, s'il ne se trompe, et dont la longueur extraordinaire lui a été expliquée par l'interdiction en Italie d'atteler plus de deux voitures à la fois. Il semblerait qu'il y a contradiction entre ce fait tout récent et l'indication donnée par M. Lavalard qu'on attelle à la fois jusqu'à cinq ou six voitures.

M. LAVALARD répond que cette explication est exacte, et que la même restriction existe à Berlin ; c'est pour éluder la défense d'atteler plusieurs véhicules à la même machine que l'on est amené à faire des voitures qui contiennent jusqu'à cent personnes, ainsi que le représente la gravure placée au commencement de la partie supplémentaire de l'ouvrage anglais de Kinnear Clarke. Les tramways, en Italie où la même interdiction n'existe pas, ont des trains de 7 ou 8 voitures; il arrive même que, dans les moments de presse, on admet, en dépit du règlement, plus de voyageurs que les véhicules ne devraient en contenir.

M. AUGUSTE MOREAU dit qu'après avoir lu avec beaucoup d'attention le

mémoire de M. Lavalard sur les tramways de Milan, il a constaté avec peine que la conclusion qui en découle à chaque ligne est que les chemins de fer économiques sont nés en Italie, et que, dans ce pays, on s'y entend beaucoup mieux qu'en France pour exécuter et exploiter ces voies ferrées.

Il se voit obligé de relever cette assertion qui ne lui paraît pas d'une exactitude absolument rigoureuse. Pour ne parler que de l'origine des chemins de fer sur routes, il suffit de rappeler qu'il y a plus de vingt ans (1861), notre éminent et sympathique président, M. Molinos, faisait à la Société une communication fort intéressante sur un chemin de fer de ce genre qu'il avait installé et qui est resté classique. A partir de cette époque, et surtout depuis 1870, les tramways se sont développés partout d'une manière considérable en France, et, en somme, la ville de Milan n'a pas montré un esprit d'initiative bien remarquable en les découvrant seulement en 1880. L'expression de chemins de fer *économiques* que les Italiens sont si fiers d'avoir adoptée l'année dernière, est devenue banale chez nous depuis plus de quinze ans.

Quant à l'installation et à l'exploitation de ces lignes, les différences signalées proviennent d'abord de quelques inexactitudes dans les chiffres du mémoire, et ensuite de ce que l'auteur compare des éléments qui ne sont pas comparables et met en parallèle des situations absolument différentes. Ces divers points frapperont mieux par une analyse rapide de ce document.

En premier lieu, l'auteur rappelle que la plupart des chemins de fer d'intérêt local français font de mauvaises affaires et ne peuvent vivre de leurs propres ressources.

Cela est malheureusement très vrai; mais ce qui ne l'est plus, c'est de comparer un tramway exceptionnel, aboutissant à une grande ville et traversant une contrée, paraît-il, très peuplée à l'ensemble des tramways français. Il y a également, en France, quelques lignes secondaires qui font de fort bonnes affaires, ce sont précisément celles qui aboutissent à des centres importants et qui traversent des régions très riches et très peuplées. L'influence de ces deux éléments a toujours été prépondérante et elle est si connue dans notre pays qu'elle a servi de base à un ingénieur fort compétent en la matière, M. Baum, pour imaginer une nouvelle méthode très simple et très rapide du calcul de trafic de ces petites lignes.

Pour en revenir à Milan, M. Lavalard doit savoir mieux que personne, que la plupart des entreprises qui ont installé ces tramways sont des compagnies belges et que les travaux ont tous été exécutés par des ingénieurs français. Il eût donc été facile à ces derniers de faire en France ce qu'ils ont fait en Italie, si cela eût été possible; dans tous les cas, les Italiens ont peu de gloire à retirer de tout cela.

M. Auguste Moreau examine alors la question de plus près et étudie quelques chiffres.

Sur la ligne de Milan-Tradate, par exemple, la dépense kilométrique

d'exploitation est de 2,240 francs. Il faut reconnaître qu'un pareil chiffre est surprenant avec une longueur de 37 à 38 kilomètres à parcourir et 7 trains par jour. En France, dans les mêmes conditions et avec 6 trains seulement (3 dans chaque sens), il est impossible de descendre au-dessous de 3,500 francs par kilomètre, sans compter les frais de renouvellement et d'entretien de la voie et du matériel qu'il faut estimer au moins à 500 francs par an, total 4,000. Il faut, si le chiffre cité est exact, que le prix de la main-d'œuvre et des matières soit tombé bien bas pour arriver à une pareille dépense, et dans ce cas, nous le reconnaissons, il nous sera toujours impossible de lutter. Mais nous craignons bien que, comme il le dit lui-même plus bas, M. Lavalard n'ait pas en mains tous les renseignements nécessaires et qu'on ait omis, dans les prix ci-dessus, le service central, les frais d'administration, etc.

Sur la ligne de Milan-Vaprio, on est étonné du bas prix (18,000 fr.) d'un kilomètre courant de voie de 18 kilogrammes qui reviendrait, chez nous, de 23,000 à 25,000 francs tout compris, ballast et matériel fixe. Cela nous prouve déjà, évidemment, que les lignes italiennes sont dépourvues de ballast, or, en France, il est exigé par l'administration, quand on se pose sur accotement.

A côté de cela, d'autres chiffres ont dû évidemment être fournis erronés à l'auteur du mémoire; ainsi, il est impossible d'admettre que des locomotives de 8 à 14 tonnes coûtent 16,600 francs en moyenne. La machine de 8 tonnes seule vaut 16,000 francs sortant des usines citées; celle de 14 tonnes vaut environ 25,000 francs; il est impossible que la moyenne fasse 16,000 francs.

Bien des chiffres avancés dans le mémoire présentent des contradictions singulières avec ceux que l'on a coutume de voir et d'employer, non seulement en France, mais partout; néanmoins, faute de documents assez précis, nous nous abstiendrons de les critiquer à fond, les quelques exemples que nous venons de donner suffisant pour prouver ce que nous avions avancé, que beaucoup d'entre eux doivent être incomplets ou inexacts, malgré la meilleure bonne foi de M. Lavalard; quant aux autres éléments, ils ne peuvent pas être comparés à ceux que l'on rencontre ordinairement.

Sous ce dernier rapport, il y a une chose qu'il est impossible, en effet, de retrouver dans les pays étrangers — et cela est fort heureux pour eux — c'est le cahier des charges spécial aux tramways, en France. On dirait, en effet, que ce document a été rédigé avec beaucoup d'habileté pour paralyser d'une manière absolue les efforts qu'on pourrait être tenté de faire, dans le but de développer cette industrie. Et encore, ce document définitif est-il beaucoup plus raisonnable que le premier projet qu'on avait d'abord soumis au public et qui était un véritable chef-d'œuvre du genre.

M. Auguste Moreau examine alors les deux articles les plus intéressants de ce cahier des charges, au point de vue de la construction; ce sont ceux qui portent les numéros 6 et 7.

D'après l'article 6 relatif aux tramways établis en pleine chaussée, il faut :

1° En dehors de l'espace occupé par le matériel des tramways, laisser une largeur libre d'au moins $2^m,60$.

2° Réserver un intervalle libre d'au moins $1^m,10$ entre le matériel de la voie ferrée toutes saillies comprises et la verticale de l'arête extérieure de la voie publique.

La plate-forme la plus faible, nécessaire pour satisfaire à ces exigences avec la voie la plus étroite possible de 0.75 (il est imprudent de descendre au-dessous ; l'ingénieur du Festiniog reconnaît lui-même qu'il aurait mieux fait à l'origine de préférer ce type au sien qui n'a que 0.60) est la suivante :

Chaussée libre.	$2^m,60$
Matériel toutes saillies comprises.	$2^m,175$
Espace réservé	$1^m,10$
Total.	$5^m,875$

Ainsi, le tramway à voie de $0^m,75$ sera bien juste sur la limite pour emprunter le sol des chemins vicinaux. Avec la voie de 1 mètre qui est la plus couramment employée, et des véhicules pouvant avoir jusqu'à $2^m,80$ entre saillies, on ne pourra plus se poser que sur les routes départementales ou les chemins de grande communication. Sinon, il faudra se condamner à élargir la chaussée, ce qui ne diminuera pas précisément la dépense.

Si l'on ajoute à ces sujétions gênantes la nécessité de poser un contre-rail tout du long du parcours, on conclut tout d'abord qu'il ne faut pas songer, en France, à installer de tramways en pleine chaussée, mais seulement sur les routes assez larges pour permettre de se placer sur les accotements.

Mais alors, on se trouve face à face avec l'article 7 qui est encore beaucoup plus réussi que le précédent.

D'abord il exige une installation de voie exactement la même que celle des grandes lignes avec ballast, traverses et accessoires, la couche de ballast entre autres n'est pas mince, il faut au minimum $0^m,35$.

L'emplacement réservé aux voitures ordinaires préoccupe peu ici, puisqu'on est sur l'accotement ; mais ce qui est un bijou d'imagination, c'est l'exigence d'une bordure de $0^m,12$ de saillie minimum de *solidité suffisante*, c'est-à-dire en granit, qui devra régner tout le long de la ligne et séparer la plate-forme de la voie ferrée de la chaussée ; voilà immédiatement une dépense de 4 à 5 francs par mètre, soit 4,000 à 5,000 francs par kilomètre des plus ingénieusement trouvées. Ce n'est pas tout : lorsque la pente dépasse $0^m,03$, c'est-à-dire presque continuellement, car, sur les routes, les pentes de $0^m,03$ sont très fréquentes, la bordure devra être accompagnée d'un caniveau de $0^m,30$ d'ouverture pour faciliter l'écoulement des eaux. Voilà de ce fait une dépense que l'on peut facilement évaluer de 6,000 à 8,000 francs le kilomètre en moyenne.

Puis, un intervalle de $0^m,30$ sera ménagé entre la bordure et le matériel

roulant; ici, rien d'exagéré, quoique la bordure constituant la limite séparative des zones, tout éloignement du matériel roulant, n'est plus justifié; mais, nous retrouvons du côté extérieur de la route la même distance de 1m,10 à réserver entre l'arête extérieure et le matériel. Voici, en somme, les résultats que tout cela donne.

Avec la voie de 1 mètre que nous supposons employée, car nous considérons en principe toutes ces entreprises comme irrationnelles et inadmissibles à voie large, la plus petite dimension de matériel roulant pratique est 2m,20, la plate-forme aura donc :

Distance à la bordure.	0m,30
Matériel roulant	2m,20
Espace à réserver.	1m,10
Total.	3m,60

On ne pourra donc jamais se poser sur un accotement à moins d'avoir affaire à des routes de 14 à 16 mètres, qui, seules, comportent les accotements voulus de 4 mètres. Si le matériel a plus de 2m,20, soit 2m,80 comme cela est permis, on ne peut plus s'installer que sur les routes de 18 à 20 mètres qui ont des accotements de 5 à 6 mètres qui peuvent permettre l'installation d'une plate-forme de 4m,20. Or, on avouera que ces cas seront rares et que de semblables routes sont elles-mêmes des exceptions en France.

Ainsi, nous avons prouvé précédemment que l'on ne pourra presque jamais se poser en pleine chaussée ; on voit maintenant qu'il est tout aussi impossible d'emprunter les accotements. Conclusion : *en France, il est impossible sans travaux et sans élargissements de se poser sur route.*

Lorsqu'on sera obligé de le faire, on aura, en général, outre la fameuse bordure et son caniveau, à élargir à ses frais, selon les routes, de 0m,20 à 3m,20, c'est-à-dire en moyenne de 1m,70, ce qui, à 10 francs par mètre, prix modéré en tenant compte des expropriations, représente une dépense de 1,700 francs d'acquisition de terrains et un supplément de terrassements et ouvrages d'art, qui élèvera le prix de l'infrastructure prestement à 8,000 ou 10,000 francs le kilomètre.

On est déjà frappé par ce qu'il y a d'anormal dans ce cahier des charges quand on pense que cette infrastructure est précisément ce qu'on veut éviter quand on recherche les routes.

En résumé, on voit que l'agrément de se mettre sur route coûtera à l'imprudent en moyenne de 20,000 à 25,000 francs par kilomètre, c'est-à-dire *un peu plus que n'aurait généralement coûté l'infrastructure complète exécutée en rase campagne !*

Oui, messieurs ! Et si renversante que paraisse au premier abord cette conclusion que nous aurions nous-même, il y a peu d'années, considérée comme un véritable paradoxe, on en est arrivé là en France, grâce aux règlements administratifs, c'est que, lorsqu'on a un chemin de fer écono-

mique à installer, il faut, généralement, *à tout prix éviter les routes et se poser de préférence à travers champs.*

Nous ne parlerons que pour mémoire de toutes les formalités spéciales qu'on évite, de l'avantage d'être chez soi, et de ne pas avoir constamment pour voisine une administration qui n'est pas toujours absolument commode dans ses relations, etc.

M. Auguste Moreau ne poussera pas plus loin la critique de ce singulier cahier des charges, beaucoup plus fait pour éloigner les chemins de fer des chaussées que pour leur en faciliter l'accès. Il y aurait cependant encore beaucoup à dire et bien d'autres choses curieuses à signaler dans tous les chapitres. Mais cela l'entraînerait hors de son sujet. M. Lavalard avouera, dans tous les cas, que si les tramways de Milan avaient dû s'imposer de pareilles sujétions, ils auraient coûté plus de 37,000 francs le kilomètre. On pouvait encore le faire à ce prix, en France, il y a quelques années; aujourd'hui, avec la voie réduite, la dépense variera de 50,000 à 70,000 francs le kilomètre; les chiffres au-dessus ou au-dessous de ceux-là seront l'exception et la moyenne de 60,000 francs, que critique M. Lavalard, nous paraît au contraire très bien établie par les compagnies qui s'occupent de ces sortes d'affaires.

La suite du mémoire inspire encore quelques réflexions qui peuvent avoir leur intérêt.

Ainsi l'auteur préconise l'emploi de locomotives lourdes; qu'est-ce au juste qu'une locomotive lourde d'une manière absolue? Nous avons pensé que l'on voulait dire une machine d'un poids plus élevé qu'il n'est nécessaire; nous avouons n'en pas comprendre la raison. Le personnel préfère, généralement les grosses machines aux petites parce qu'il a beaucoup moins à faire de ces petites réparations, nullement dispendieuses, mais fort agaçantes, qu'exige en général le petit moteur. Mais en réalité, nous trouvons que le poids de la locomotive n'a nullement besoin d'être plus élevé que ne l'exige les besoins et qu'il doit être exclusivement une fonction directe du trafic et du profil en long.

De même la suppression des impériales ne paraît pas une bonne chose et, dans un beau climat surtout, on ne doit pas hésiter à les employer; on obtient ainsi une meilleure utilisation du véhicule et une importante réduction du poids mort. On a donné pour prétexte les accidents à la montée : cela vaudrait cependant mieux à coup sûr que d'avoir ces surcharges formidables des jours de fête où les voyageurs se suspendent partout en véritables grappes humaines, au risque de tomber ou de se faire broyer à chaque instant.

Plus loin, par exemple, nous rencontrons une mesure que nous ne pouvons qu'applaudir des deux mains; la Compagnie refusa de faire gratuitement le transport de la poste et finit par avoir gain de cause. Il devrait en être de même partout et spécialement en France où, d'après le même cahier des charges, le concessionnaire est tenu de réserver un compar-

timent de 2e classe pour la poste. Or, il faut remarquer qu'il n'y a souvent qu'un seul de ces compartiments dans tout le train!

On devrait refuser également de faire gratuitement tous ces transports abusifs de fonctionnaires de tous grades et même de militaires et de marins. L'État peut parfaitement payer les places de ses agents s'il lui plaît de les faire voyager; il est vraiment inadmissible que des lignes qui ne peuvent vivre de leurs seuls deniers soient encore obérées de charges spéciales déjà importantes sur les grands réseaux, et très lourdes pour un petit budget.

Et qu'on ne vienne pas alléguer que l'État a le droit de commettre cette petite iniquité à cause de la subvention qu'il donne : c'est une raison de plus : il n'est pas acceptable qu'il reprenne d'une main le secours qu'il donne de l'autre, sans choquer le bon sens le plus élémentaire.

Les Italiens ont d'ailleurs assez bien manœuvré dans toutes ces questions, car nous voyons encore qu'ils ont su faire exempter leurs petites lignes de la charge de l'impôt sur les billets. Il faut être impartial et reconnaître que, dans ces circonstances, ils ont réellement donné une leçon à l'administration française.

Enfin, M. Lavalard, se basant sur ses chiffres et sur ce que, dans les exemples qu'il nous cite, la recette est, paraît-il, suffisante pour rémunérer à 6 pour 100 les capitaux engagés et couvrir les frais d'exploitation, tire une conclusion vraiment stupéfiante. Il termine en effet en disant qu'en s'y prenant comme on l'a fait à Milan, on peut construire et exploiter *à voie large* des chemins de fer d'intérêt local plus économiques que ceux *à voie étroite!*

M. Auguste Moreau se voit forcé de s'opposer complètement à cette conclusion, qu'il croit absolument contraire à la vérité, non seulement en France, mais même à Milan et partout ailleurs. On ne rencontre d'ailleurs nulle part dans le mémoire trace d'un moyen nouveau d'exploitation ou d'une panacée quelconque pour réaliser d'aussi incroyables économies. On n'y voit que des chiffres à la vérité fort bas, dont quelques-uns sont inexacts, et les autres demanderaient, avant d'être acceptés définitivement, à être mis en parallèle avec les estimations faites en France dans des conditions analogues.

Mais en admettant même ces résultats comme acquis à Milan, nous pensons que l'économie réalisée en Italie, pays beaucoup moins riche que la France, peut résulter d'une réduction du prix de la main-d'œuvre et des matériaux; dans tous les cas, nous pouvons reconnaître qu'elle sera toujours due aux exigences exorbitantes de notre cahier des charges qui a amené ce singulier résultat, c'est qu'en France il ne faut jamais établir de chemins de fer sur routes.

M. Lavalard est heureux que sa communication ait donné lieu à une critique aussi approfondie que celle qui vient d'être faite. Il reconnaît que les Français ont été les premiers à étudier les tramways en Italie; il est

trop bon patriote pour nier ce fait, et pour ne pas accorder aux ingénieurs français le mérite qui leur revient; son but n'était pas, d'ailleurs, de donner une leçon à nos compatriotes, ni de discuter les résultats de l'exploitation des tramways de la Lombardie, mais bien d'exposer simplement ce qu'il avait vu dans un pays voisin du nôtre, et de citer des chiffres officiels à l'appui des faits; il laisse aux membres compétents de la Société le soin de commenter ces résultats, et d'en tirer ce qui leur paraîtra utile. Répondant ensuite à M. Moreau, M. Lavalard dit que la voie des tramways est simple en général, et que la route de Milan à Vaprio a 12 mètres de largeur; le tramway est établi sur l'accotement, en dehors de bornes, et en tenant compte de la place occupée par les arbres et par les bornes, il reste 6 à 8 mètres de largeur libre pour la voie parcourue par les chevaux. Relativement au cahier des charges, M. Lavalard n'avait nullement l'intention de réformer celui qui réglemente l'établissement de nos chemins de fer sur route en France, mais bien de montrer que sa grande sévérité oblige à se placer de préférence en plein champ, comme l'a dit M. Moreau. M. Lavalard a eu surtout pour but de faire ressortir ce fait remarquable, qu'avec un capital de un million de francs, on a réussi à construire et à exploiter 44 kilomètres de chemin de fer, c'est-à-dire dans des conditions économiques exceptionnelles; quant aux chiffres qu'il a cités, ils sont tirés des comptes rendus officiels, et par suite leur exactitude ne peut être mise en doute.

M. Level est en mesure d'affirmer que les chiffres apportés par M. Lavalard sont absolument exacts. Il indique quelle simplicité préside à la construction des chemins de fer sur route en Italie : la pose économique de la voie, l'absence de ballast, les stations réduites à des haltes rudimentaires, etc.; lorsque ces voies de communication auront fait naître un trafic assuré et auront amorti leur capital, on pourra les reconstruire sur des bases nouvelles et d'une façon plus durable. Revenant sur les exigences du cahier des charges, M. Level ajoute qu'on exige, dans bien des cas, des plans détaillés à l'échelle de 5 millimètres pour mètre, ce qui est exorbitant pour des travaux aussi peu importants. Il est du même avis que M. Moreau, relativement à la nécessité de se retirer des routes pour se placer en plein champ, devant les nouvelles exigences de l'administration; il fait remarquer que le cahier des charges réglemente aussi l'exploitation, et que si les rampes sont un peu fortes, il faut, pour un train de plusieurs voitures, autant de serre-freins que de véhicules. M. Level voudrait que la Société consacrât une séance à l'étude de ce cahier des charges, étude au sujet de laquelle pourrait s'élever une discussion très intéressante et très utile au point de vue de la construction des chemins de fer économiques.

M. le Président indique que le moyen le plus simple d'introduire la question est de préparer une communication intitulée : « Le cahier des char-

ges..., » et il pense que M. Moreau voudra bien se charger de présenter un rapport sur ce sujet.

M. Mékarski désire faire une observation au sujet de quelques chiffres de dépenses indiqués par M. Lavalard. Il donne comme frais de traction, sur la ligne de Milan-Vaprio, le chiffre de 0 fr. 57 par kilomètre, contre 1 fr. 42 de dépense totale. Or, tout le monde sait qu'en général les frais de traction représentent au moins 60 pour 100 de la dépense totale, tandis qu'en Italie, cette proportion paraîtrait être de 40 pour 100 seulement. M. Mékarski demande de quoi se compose la différence de 0 fr. 85, entre 1 fr. 42 et 0 fr. 57; peut-être ce dernier chiffre ne comprend-il pas l'entretien du matériel. A la Compagnie des Omnibus, les frais de traction représentent 70 pour 100 de la dépense totale, et les autres frais 30 pour 100 seulement. Il y a là une disproportion entre les résultats moyens en France et ceux obtenus en Italie, qui paraît inexplicable, et semble indiquer que les chiffres ne sont pas complets.

M. Lavalard dit que les chiffres ont été obtenus très simplement en divisant la dépense par le nombre de kilomètres parcourus; c'est ainsi que l'on arrive aux prix de 1 fr. 42 et 0 fr. 57. De plus, M. Lavalard a indiqué que si l'on retranche les appointements du personnel, y compris les conducteurs qui sont très nombreux, les frais de traction proprement dits, c'est-à-dire le combustible, le graissage et l'entretien des machines, descendent à 0 fr. 378.

M. Mékarski ne s'explique pas comment peut être composée la différence 0 fr. 85.

M. Lavalard fait observer que la proportion est différente suivant que l'on considère une machine remorquant une seule voiture, ou bien un train de 7 ou 8 voitures, comme cela se fait en Italie. D'ailleurs, il ne peut donner séance tenante à M. Mékarski l'explication qu'il demande; ce sont des chiffres qu'il pourra lui fournir en les puisant dans les détails du compte rendu de l'exploitation.

M. de Wissocq dit qu'il a eu l'occasion de voir fonctionner l'année dernière, à Turin, un tramway à vapeur remorqué par une petite locomotive construite à Cassel. On franchissait à très bonne vitesse (15 à 20 kilomètres à l'heure) des rampes de 25 à 30 millimètres. Le service des colis se faisait à chaque village, devant le bureau postal, et le tout fonctionnait dans des conditions qui font désirer des applications analogues aux environs de nos grandes villes de France.

M. le Président fait remarquer qu'en France le cahier des charges s'oppose à l'établissement économique de ces chemins de fer, tel qu'il est appliqué à l'étranger.

M. Ivan Flachat rappelle qu'il a eu le premier l'honneur d'attirer l'attention de la Société (le 2 juillet 1880) sur la loi du 11 juin de la même

année, et qu'il avait signalé dès cette époque, le parti que l'on pouvait tirer des tramways; il s'exprimait ainsi :

« Dans bien des cas, on trouvera avantage à débuter par un tramway « au point de vue de l'économie de construction souvent, et encore plus « au point de vue de l'économie des lenteurs administratives. Une fois le « tramway réalisé, si le trafic vient à l'exiger, ce sera une opération des « plus faciles d'en perfectionner successivement la voie, comme cela a été « déjà fait, en substituant des rails saillants aux rails à ornières; et à ce « moment, les formalités pourront être remplies avec toute la méthode « qu'elles comportent; les intérêts engagés n'en souffriront que dans la « mesure la plus faible. »

M. Flachat espère donc que l'intérêt qu'il portait dès cette époque aux moyens d'établir en France un réseau de tramways, expliquera l'émotion qu'il éprouve des critiques formulées par MM. Moreau et Level sur le cahier des charges paru à l'*Officiel* du 11 août 1881, qu'il a sous les yeux.

M. le Président désirerait que la discussion ne s'engageât pas sur ce sujet, et fût réservée pour la communication sur le cahier des charges.

M. Flachat, sans entrer dans la discussion, voudrait cependant ne pas laisser terminer la séance sous l'impression qu'ont pu laisser les paroles prononcées par M. Moreau au sujet de la largeur laissée disponible pour la route, et qui ne lui paraît pas tout à fait exacte. La largeur à l'extérieur de l'accotement est bien de $1^{m},10$, mais la largeur de $2^{m},60$, laissée libre pour la chaussée, n'est exigée que dans le cas de stationnement. S'il n'y a pas de stationnement à réserver pour les voitures ordinaires, cet espace est réduit à $0^{m},30$.

M. Moreau répond que la distinction faite par M. Flachat n'existe pas en fait, car l'administration exige toujours que l'on réserve le stationnement et malgré le texte du cahier des charges paru à l'*Officiel* du 11 août, la largeur minimum exigée est bien, dans tous les cas, de $2^{m},60$.

M. le Président clôt la discussion, qui sera reprise lorsque M. Moreau aura présenté le travail dont il a bien voulu se charger.

La séance est levée à 10 h. 3/4.

MM. Delaloe, Guidoux, Josse, Soux et de Vauthelcret ont été reçus membres sociétaires.

Séance du 31 Mars 1882.

PRÉSIDENCE DE M. Émile TRÉLAT.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 17 mars est adopté.

M. LE PRÉSIDENT rappelle qu'il y aura, à la fin de la séance, à procéder au vote pour la nomination de trois membres titulaires et de trois suppléants pour compléter le jury qui doit décerner, cette année, le prix Nozo.

M. LE PRÉSIDENT annonce qu'il a reçu de M. Richard, ancien Président, actuellement à Athènes, une lettre très intéressante sur le voyage qu'il a accompli. — M. Richard, devant revenir prochainement, rendra compte lui-même de son voyage. Je ne crois donc pas opportun, dit M. le Président, de vous donner lecture aujourd'hui de la lettre que je viens de recevoir et dont il y a toutefois à retenir ce fait que les grands travaux préparés actuellement en Grèce avec ardeur pourront procurer prochainement, à de jeunes membres de notre Société l'occasion d'aller utilement dans ce pays.

M. LE PRÉSIDENT donnant la parole à M. Bouquet de la Grye, ingénieur-hydrographe de la marine, pour sa communication sur les améliorations de la Seine et la création d'un port de mer à Paris, cet ingénieur s'exprime en ces termes :

Messieurs, qu'il me soit permis tout d'abord d'offrir mes remerciements à notre honorable Président qui a bien voulu m'autoriser à vous présenter un projet nouveau sur un vieux sujet. Je lui suis d'autant plus redevable, que les paroles prononcées ici, ont plus de retentissement en raison de l'autorité qui s'attache à ceux qui m'écoutent. Je vous demande un peu de patience car je serai probablement long dans mon exposition et je compte sur votre bienveillance accoutumée.

Pour abréger les développements de mon sujet, je vous ai fait distribuer un résumé et une petite carte; le sujet étant assez vaste, je tâcherai de ne point répéter ce qui est imprimé dans le résumé.

Avant de vous entretenir de la partie technique du nouveau projet de Paris port de mer, il me semble utile de vous indiquer comment cette question, si débattue et à tant de reprises différentes, me semble s'imposer non seulement à la ville de Paris, dont elle augmentera rapidement l'impor-

tance et la richesse, mais aussi à la France presque entière, car il s'agit de rétablir un courant commercial que nous possédions autrefois et qui se trouve aujourd'hui détourné par nos voisins et à leur profit[1].

M. LE PRÉSIDENT. Je remercie, en votre nom, Messieurs, M. Bouquet de la Grye de sa communication si abondante. J'étais sûr que cette étude aurait pour vous un grand intérêt c'est ce qui m'a conduit à prier mon ami, M. Bouquet de la Grye, de vous en donner connaissance. Je lui sais grand gré d'avoir immédiatement répondu a mon appel.

Le gros travail de M. Bouquet de la Grye se rattache à toutes les branches des ouvrages de l'ingénieur et aux développements des progrès de notre pays. Il donnera sans doute lieu à des communications et à des discussions utiles que nous reporterons à la première séance du mois de mai lorsque, je l'espère, nous aurons pu entendre la communication de M. de Coene sur « *la Seine fluviale et maritime* » sujet qui se lie naturellement avec la communication qui vient de vous être faite.

Je demanderai à M. Bouquet de la Grye de vouloir bien ne pas nous manquer pour ces discussions.

M. BOUQUET DE LA GRYE répond qu'il appelle la discussion de tous ses vœux et qu'il se met, avec plaisir, à la disposition de la Société à cet effet.

L'ordre du jour appelle la discussion sur la communication de M. Schaller relative aux chemins de fer métropolitains de Vienne (Autriche), de Berlin, de Londres et de Paris.

M. LE PRÉSIDENT dit a ce propos que le mémoire de M. Schaller n'a pu être imprimé en temps voulu pour être adressé avant la séance, à tous nos Collègues; mais qu'il a été envoyé aux personnes qui paraissent plus spécialement compétentes sur la question.

M. LE PRÉSIDENT, rappelle à M. Chrétien qu'il a demandé avec instance la mise à l'ordre du jour de la question du chemin de fer métropolitain, il l'invite, en conséquence, à vouloir bien nous exposer ses idées.

M. CHRÉTIEN avait, en effet, demandé avec instance, il y a environ un mois, que la question du chemin de fer métropolitain de Paris fût traitée devant la Société. Ce sujet lui paraît devoir être traité avec une certaine ampleur, vu l'heure déjà avancée, il pense que l'examen en devrait être repris dans une autre séance et avec le concours de tous ceux qui peuvent éclairer la discussion.

Il lui paraît indispensable que les auteurs des divers projets soient présents, car, en ce qui le concerne, il se trouverait mal à l'aise pour les critiquer en leur absence.

M. LE PRÉSIDENT fait remarquer que la question ayant été engagée par la communication sur le métropolitain de Vienne, en y adjoignant cer-

1. Le mémoire de M. Bouquet de la Grye sera publié in extenso dans le bulletin de mai avec la discussion.

taines considérations qui se rattachent aux métropolitains de Londres, Berlin, New-York et enfin à celui de Paris, elle lui paraît posée d'une manière générale et parfaitement favorable à l'examen des projets parisiens.

Il pense que la discussion pourrait utilement commencer.

M. Chrétien, bien que n'étant pas préparé à la discussion, veut bien exposer ses idées sur le sujet.

Les moyens rapides et faciles de communication lui paraissent absolument insuffisants dans la plupart des grandes villes et à Paris en particulier où, à certains jours et à certaines heures, les transports sont extrêmement difficiles, ce qui entraîne des accidents nombreux et de non moins nombreuses réclamations de la part du public. Il est utile de donner aux Parisiens des moyens de transport plus faciles et plus rapides que ceux qui existent, on devrait tout d'abord, dit M. Chrétien, multiplier beaucoup les grandes voies, comme cela s'est fait depuis quelque temps, mais sur une plus large échelle encore.

Toutefois, en admettant que les démolitions nécessaires à l'établissement des voies larges qu'il voudrait voir établir soient possibles, M. Chrétien pense que cela ne serait pas encore suffisant et qu'il est indispensable de créer un autre plan de circulation. Entre la voie aérienne et la voie souterraine, M. Chrétien n'hésite pas à se prononcer en faveur de la première. La circulation en plein air, à une hauteur de 5 mètres environ au-dessus du sol, lui semble incontestablement préférable à la circulation souterraine tant au point de vue de l'agrément que de l'hygiène.

Au point de vue de la dépense M. Chrétien estime que pour la voie aérienne l'établissement du viaduc, matériel compris, ne coûterait guère plus de un million par kilomètre, étant entendu qu'il n'est question ici que du parcours dans des voies larges et que le viaduc ne touchant en rien aux propriétés il n'y aurait ni expropriation ni dommages-intérêts à payer aux riverains — dans ce cas, tout peut être aisément prévu, il n'y a rien d'aléatoire.

Il n'en saurait être de même pour l'établissement de travaux souterrains dans une ville comme Paris; les travaux de l'Opéra montrent combien il peut y avoir de différence entre les évaluations du projet et l'exécution. Dans l'établissement d'un chemin de fer souterrain il y a de grandes probabilités que l'on aurait à surmonter des difficultés imprévues bien autrement grandes que celles de la place de l'Opéra : l'on aura à éviter des conduits d'eau et de gaz et à traverser des terrains qui peuvent être des foyers d'infection — il faudra compter avec toutes ces difficultés.

Sans avoir étudié en détail le projet présenté pour le chemin de fer métropolitain souterrain de Paris, M. Chrétien estime que pour tenir compte de toutes les difficultés imprévues dont les principales viennent d'être signalées, on peut évaluer le prix du kilomètre de ligne souterraine à environ trois fois le chiffre indiqué au projet, ce qui ferait environ dix millions le kilomètre !

M. Chrétien signale, d'autre part, que les renseignements qu'il a relevés

sur le travail soumis à l'enquête pour le chemin de fer métropolitain souterrain lui ont permis de constater des différences importantes entre les indications du plan et du mémoire.

Par exemple : la longueur totale d'après le plan serait 39,485 mètres environ, tandis que le mémoire n'emporte que 38,045. D'après le mémoire les stations les plus éloignées seraient distantes de 1,000 mètres d'après le plan, cette distance serait de 2,500 mètres. Les plus rapprochées seraient, d'après le mémoire, distantes de 500 mètres et, d'après le plan, de 360 mètres.

Ces différentes erreurs ne seraient pas l'indice d'un projet suffisamment étudié.

Au point de vue technique, M. Chrétien signale les difficultés qui résulteraient des nombreuses courbes à faible rayon et des inclinaisons successives qui feraient de la voie un véritable casse-cou. Du relevé qu'il a fait, il résulterait que, d'après le projet, il y aurait sur tout le parcours 71 courbes, savoir : 10 à 150 mètres de rayon, 12 à 200 mètres, 1 à 250 mètres; 45 à 300 mètres et 3 à 500 mètres, représentant ensemble un développement de 9,334 mètres.

Les alignements ou parties droites comprises entre les courbes sont en nombre égal et représentent une longueur totale de 30,151 mètres.

On compte 56 pentes ou rampes; parmi lesquelles 27 ont une inclinaison de 20 millimètres par mètre. Les parties horizontales ou paliers sont au nombre de 56, parmi lesquelles 22 n'ont qu'une longueur de 100 mètres ou au-dessous.

Ces conditions de tracé paraissent peu favorables à une marche régulière des trains et à la sécurité!

Au point de vue du temps nécessaire à l'exécution de la première ligne, devant aller de Saint-Cloud aux chemins de fer de Lyon et de Vincennes, M. Chrétien estime que les trois années prévues seraient bien longues, surtout lorsqu'il s'agirait de supprimer la circulation dans les rues les plus fréquentées de Paris, ce travail ne paraissant pas pouvoir être fait autrement.

Établissant ensuite une comparaison entre le métropolitain de Londres et le projet présenté pour Paris, il estime que ce ne serait pas la peine d'avoir attendu quinze ans pour faire beaucoup moins bien qu'à Londres, dont la voie souterraine n'aurait pas de courbes de rayon inférieur à 3 ou 400 mètres, ni d'inclinaison supérieure à 3 ou 4 millimètres, ce qui est loin des conditions indiquées au projet présenté pour Paris.

L'aérage du métropolitain de Londres a été difficile, celui de Paris semble devoir l'être plus encore; les renseignements indiqués au projet sur ce point, ne paraissent pas suffisants pour une appréciation sérieuse,

M. Vauthier ne veut en aucune façon discuter les diverses idées de M. Chrétien relatives aux chemins de fer à établir dans une ville; il désire seulement citer quelques chiffres de nature à faire réfléchir les personnes

qui prétendent à une occupation de la surface du sol des voies de Paris; il lui semble que ces personnes ne se rendent pas compte de ce que coûte cette occupation. Les grandes voies de Paris ont coûté jusqu'à 3,500 francs par mètre carré de terrain livré à la voie publique, de telle sorte qu'une voie de 20 mètres seulement arrive à coûter la somme énorme de 70 millions le kilomètre. M. Vauthier admet que ce chiffre est, comme moyenne, un peu exagéré, mais, aujourd'hui, on ne payera pas dans le centre moins de 2,000 francs par mètre carré livré à la voie publique. Il en résulte que, pour tout système qui occupera une partie de ce sol, ou pour toute construction au-dessus du sol, qui privera la circulation d'une bande de 5 mètres, si l'on suppose le mètre valant 2,000 francs, le terrain occupé correspondra à 10 millions le kilomètre.

M. Chrétien ne conteste en aucune façon le dire de M. Vauthier, mais il estime qu'il existe à Paris des voies, les boulevards extérieurs par exemple où l'on peut faire des constructions aériennes sans déprécier le sol.

Le boulevard Richard-Lenoir et beaucoup d'autres voies lui paraissent se prêter également bien à l'établissement d'un chemin de fer aérien, sans dépréciation du sol.

M. Hamers trouve que la réponse de M. Chrétien est trop modeste ou incomplète, en ce qui concerne les occupations de terrains.

Les chemins de fer aériens de Paris, du moins ceux dont M. Chrétien propose l'exécution prochaine, utiliseront largement la voie publique existante, puisqu'ils en suivront le parcours; mais ce sera leur qualité essentielle et non leur défaut. En effet, établis non pas précisément *sur* la voie publique, mais à une certaine hauteur *au-dessus* et supportés seulement par une ligne de colonnes métalliques (largement espacées), ils ne porteront point atteinte à la circulation actuelle et laisseront le sol presque intact, en n'y occupant que l'emplacement des colonnes, étendue relativement insignifiante. Ce serait donc une profonde erreur que de compter dans le coût d'établissement des chemins de fer aériens, au chapitre des terrains, une somme égale à ce que coûte le sol de la voie publique sur une superficie égale à celle de ces chemins de fer.

M. Chrétien dit qu'il a réservé ces explications de détail pour une discussion plus approfondie.

M. le Président donne la parole à M. Francq.

M. Léon Francq dit qu'il n'était pas préparé à entrer dans la discussion des métropolitains en général, il se bornera à dire quelques mots relativement au métropolitain souterrain projeté dans Paris, que M. Chrétien vient de critiquer. Dans son ensemble, un réseau métropolitain dans Paris, doit avoir pour effet de désencombrer la voie publique d'une façon absolue. On ne peut y arriver qu'en organisant un service qui puisse réunir la rapidité, l'économie et une grande puissance de transport.

Ce sont ces avantages que comporte le projet de métropolitain aérien

présenté à Vienne, par l'ingénieur Fogerty. Des dispositions sont prises par cet ingénieur pour faire rouler à de courts intervalles des trains de 100 tonnes et plus avec une grande vitesse. Ces dispositions n'ont aucun inconvénient pour la ville de Vienne où l'ancienne cité (agglomération la plus dense) est enveloppée par la ligne circulaire, sur un emplacement d'une largeur considérable qu'offrent les terrains occupés autrefois par les fortifications, les quais du canal du Danube et les bords de la Vienne. Dans les faubourgs, l'espace n'est pas plus restreint pour l'établissement des lignes de raccordement. On peut donc établir des ouvrages extérieurs de grande importance à Vienne pour mettre en l'air le plan de circulation d'une puissante organisation de trains. Dans son mémoire, M. Schaller a d'ailleurs exposé les motifs sérieux qui s'opposent à l'établissement d'un réseau souterrain dans la capitale de l'Autriche.

S'il était possible à Paris, de desservir toute la population par des moyens aussi énergiques qu'à Vienne, il se rallierait volontiers à un projet de même nature. Mais Paris présente peut-être parmi toutes les grandes villes du monde, le maximum de densité de la population par rapport à la surface occupée. Il n'y a réellement d'espace libre que l'emplacement de l'ancienne enceinte occupé par les boulevards extérieurs et les tramways. Or, ce ne sont pas les quartiers excentriques qu'il s'agit de désencombrer, mais les quartiers du centre. Dans ces quartiers l'encombrement est devenu dangereux par l'extrême division des transports et par le nombre considérable des véhicules mis en circulation pour un transport utile relativement de faible importance. De plus, la locomotion actuelle est lente par elle-même, puis par l'encombrement des rues; elle est d'une puissance trop restreinte, enfin elle coûte cher.

Un réseau de voies ferrées aériennes qui pénétrerait au cœur de Paris, ne constituerait qu'une demi-mesure pour atteindre le but que l'on se propose.

M. Chrétien a reconnu lui-même qu'il faudrait démolir beaucoup et toujours démolir (ce qui n'est pas sans dangers au point de vue de l'économie financière d'une ville), et que l'on devrait installer des ouvrages légers qui recevraient des trains de faible poids à passages fréquents.

Sans examiner ici les inconvénients que les voies aériennes peuvent provoquer par le fait de la réduction de la largeur disponible des voies existantes, par le préjudice causé aux riverains et par tout autre motif, M. Francq ne croit pas qu'un réseau aérien établi dans les conditions de légèreté rappelées par M. Chrétien, constitue une œuvre utile et suffisante pour désencombrer Paris une fois pour toutes.

Au contraire, un métropolitain souterrain, malgré les difficultés techniques à vaincre, possède entièrement la capacité de transporter de grandes masses de voyageurs et de marchandises à la fois. Les trains peuvent être aussi nombreux que possible, leur vitesse peut être portée très haut, et l'emploi d'une grande puissance de traction économique peut permettre de réaliser à Paris, la locomotion rapide et à bon marché à tout instant. Ceci est un progrès évident, nécessaire, qu'il convient de bien considérer.

Les difficultés de construction dont on a parlé ne sont pas insurmontables. L'art de l'ingénieur est assez avancé maintenant pour concevoir qu'on aura raison de ces difficultés si elles se présentent.

En ce qui touche l'exploitation, M. Francq ne partage point les doutes qui ont été exprimés sur la possibilité de faire circuler des trains dans un souterrain bien aéré, en toute sécurité, sur des lignes qui présentent des courbes de 150 mètres de rayon, et des pentes et rampes fréquentes qui atteignent au maximum 20 millimètres par mètre.

Avec les cheminées d'aérage, par les parties de voie à découvert, par l'inclinaison même du profil des voies, il se produira un écoulement d'air qui ne laissera rien à désirer au point de vue de l'hygiène et de la salubrité. Il suffira d'éviter l'introduction de machines à feu pour opérer la traction. Par l'emploi de machines spéciales et un matériel particulier, il sera facile d'accomplir un parcours de plus de 20 kilomètres sans arrêt, avec un train d'un poids supérieur à 100 tonnes. La vitesse de marche peut atteindre facilement 50 kilomètres à l'heure, les arrêts peuvent être immédiats et les démarrages se faire promptement.

L'irrégularité du profil n'est pas de nature à préoccuper. Par des dispositions spéciales de la machine, il est facile de diriger l'allure du train avec une parfaite régularité et en toute sûreté. N'a-t-on pas, en effet, l'exemple, aux portes de Paris, de Rueil à Marly, d'un chemin de fer à voie large sur accotement qui fournit, depuis quatre années, une exploitation irréprochable, bien que la ligne présente des courbes qui ont 25 mètres de rayon et des pentes qui atteignent 60 millimètres pour mètre? N'a-t-on pas, dans d'autres endroits, l'exemple d'un profil plus mouvementé encore que celui de Rueil à Marly avec des courbes de 20 mètres? Tel est le cas pour la ligne de Lille à Roubaix. Des expériences faites à Rueil, dans une courbe de 25 mètres, à une vitesse de 25 kilomètres à l'heure, avec un train de 30 tonnes, n'ont jamais donné lieu à aucun déraillement. Pourquoi un train du métropolitain de 100 tonnes déraillerait-il dans une courbe de 150 mètres? Ceci est une question de dispositions à prendre pour le matériel moteur et roulant; la sécurité peut donc être assurée. On peut ajouter que la circulation des locomotives, à Paris comme à Vienne, peut être effectuée sans fumée et sans tous les inconvénients que les machines à feu produisent dans un souterrain.

En résumé, M. Francq se déclare partisan, en principe, pour Paris, d'un réseau métropolitain souterrain, tout en regrettant de ne pouvoir, pour l'instant, s'étendre davantage sur cette question délicate et importante.

M. LE PRÉSIDENT résumant la discussion dit, que les idées générales ont à peine été effleurées et que, en conséquence, la discussion reste ouverte.

Il y a deux systèmes en présence : l'un relatif à la solution souterraine, l'autre à la solution aérienne, chacun mérite d'être étudié en détail.

La suite de la discussion ne pourra sans doute pas avoir lieu dans notre

prochaine séance; mais elle reprendra, selon toute probabilité, dans la suivante.

La séance est suspendue un instant pour la préparation au vote relatif à l'élection préparatoire de trois membres titulaires et de trois suppléants pour compléter le jury, qui doit décerner cette année le prix Nozo.

Il est procédé au vote qui donne le résultat suivant :

Membres titulaires :

MM. Pontzen, Rubin, Deghilage.

Membres suppléants :

MM. Chabrier, Moreau (Auguste), Lavalard.

MM. Baclé Hezard, Langlade, Laurent, Lesenne, Maris, Piccoli et Pourcheiroux ont été admis comme membres sociétaires, et M. Paupier comme membre associé.

La séance est levée à dix heures trois quarts.

CHRONIQUE

SOMMAIRE. — Action de la vapeur dans les cylindres des machines. — Essais de machines à vapeur. — Chemins de fer au Mexique. — Système combiné de traction pour fortes rampes. — Solidification des matières très divisées par la pression. — Le procédé Thomas-Gilchrist en Allemagne. — Utilité des Sociétés d'Ingénieurs.

Action de la vapeur dans les cylindres des machines. — Notre collègue, M. le professeur Thurston, dont nous avons déjà eu l'occasion de citer les travaux sur la machine à vapeur, a lu récemment à l'Académie des sciences de New-York un mémoire considérable sur la manière dont la vapeur se comporte dans les cylindres des machines. Ce mémoire a été publié par le *Journal de l'Institut de Franklin* et nous allons en indiquer les points les plus essentiels.

L'auteur rappelle que la nature matérielle des cylindres de machines ne permet pas d'accepter la facile hypothèse d'un fluide se détendant adiabatiquement dans un récipient non conducteur. De plus, les frottements et résistances et la condensation dans les cylindres à parois métalliques très conductrices limitent le taux de l'expansion avantageuse bien au-dessous de ce qu'il serait autrement [1]. Ainsi on peut dans les machines à un seul cylindre sans enveloppe, poser comme limite de l'expansion $1.9\sqrt{P}$; P étant la pression à la chaudière en kilogrammes par centimètre carré, mais ce n'est qu'une moyenne qui peut varier avec les pressions et les vitesses de fonctionnement.

La courbe de détente est modifiée par le fait de la vaporisation pendant la détente de l'eau condensée pendant l'admission contre les parois des cylindres ; l'effet de l'enveloppe est d'atténuer la condensation, mais de hâter la revaporisation et, surtout avec la vapeur humide, son action est très incomplète.

La courbe de détente ne peut pas être isothermique avec la vapeur humide et, si la vapeur était saturée sèche au début, avec cette courbe elle serait surchauffée à la fin, bien qu'à la même température.

Pour réaliser l'expansion isothermique, il faudrait que l'enveloppe de vapeur fournît non seulement la chaleur correspondant au travail de la détente, mais encore la « chaleur latente d'expansion » à température constante.

La courbe de détente est non seulement modifiée par la conductibilité

1. Voir la Chronique de juillet 1880, page 97.

des parois des cylindres, mais aussi par la nature de la vapeur, c'est-à-dire la proportion d'eau qu'elle contient.

La courbe de détente adiabatique peut être représentée par une courbe hyperbolique $p_1 v_1^n = p v^n$, l'exposant n variant avec la proportion d'eau et de vapeur au commencement de la détente qui est supposée avoir lieu dans un cylindre non conducteur.

On sait que M. Zeuner donne pour u la valeur $n = 1{,}035 + 0{,}1 x$, x étant la proportion de la vapeur dans le mélange.

M. Thurston a dressé des tables pour les divers genres d'expansion, adiabatique avec diverses proportions de vapeur et d'eau, vapeur sèche avec $n = 1.046$, air humide avec $n = 1.20$, vapeur avec $n = 0{,}50$ et $n = 0{,}75$, mélange de gaz et de vapeur comme dans les machines à gaz, $n = 1{,}60$, gaz à détente isothermique avec $n = 1$ et gaz avec détente adiabatique avec $n = 1.41$ [1].

Il est absolument impossible de prédire laquelle de ces courbes se trouvera être celle de la détente pratique dans une machine; ainsi M. Thurston trouve dans un diagramme d'indicateur qu'il a sous les yeux $n = 1{,}001$ au commencement de la détente, $n = 0{,}94$ au milieu et $n = 0{,}89$ à la fin, de même pour la courbe de compression, n varie de 1,52 au commencement à 0,77 à la fin.

M. Thurston trace toutes ces courbes de détente sur un tableau avec le même point de départ et il s'en sert pour construire des *courbes d'utilisation* qui forment l'objet principal de son mémoire.

Supposons un kilogramme de mélange sortant de la chaudière et introduit dans le cylindre, ce mélange contenant 10 pour 100 d'eau et 90 pour 100 de vapeur à la pression 1. Si on le fait travailler à pleine pression pendant toute la course le travail sera 1.

Si on dessèche le mélange par l'addition de chaleur jusqu'à ce que toute l'eau soit vaporisée, le travail à pleine pression deviendra 1.11 et si on le fait travailler à diverses expansions suivant la courbe définie par $pv^{1.135}$ = constante, on aura une série de travaux qui donneront une courbe d'utilisation que nous appellerons A.

Si on opère de même avec la vapeur humide telle qu'elle a été obtenue de la chaudière, avec $pv^{1.135}$ = constante, on aura une courbe B.

Si ensuite on prend le même mélange de 90 de vapeur et 10 d'eau et qu'on suppose qu'à l'admission au cylindre il se produise une condensasion qui double la portion d'eau, on aura des courbes de détente $pv^{1.1}$ = constante qui permettront de construire une courbe d'utilisation C.

De même on supposera que la condensation à l'admission augmente de manière à réduire le travail à pleine pression à 0,80, 0,70, 0,60, etc., et, en opérant de même jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de vapeur du tout, on aura une série de courbes d'utilisation D, E, F, etc.

1. Nous avons nous-même dressé un tableau de ce genre, qu'on trouvera, page 912, année 1877, des *Mémoires et Compte rendu des travaux de la Société des Ingénieurs civils.*

Il serait difficile de suivre les raisonnements de M. Thurston sans l'aide de ses tableaux qui sont très compliqués, mais nous pouvons examiner deux cas qu'il traite et qui sont :

1° Le cas d'un cylindre non enveloppé et non protégé contre le rayonnement avec un faible degré d'expansion ou un échappement à basse température, de façon que la revaporisation est négligeable, et 2° le cas de cylindres à enveloppe, vapeur humide et expansion considérable où la condensation se produit pendant l'admission et la revaporisation pendant le reste de la course.

Premier cas. — L'expansion adiabatique s'obtiendra par des équations de la forme $p\,v^n = p_1\,v_1^n$; et, puisque la perte de pression a lieu dans le cylindre métallique par l'échange de chaleur avec les parois, cette perte peut être déterminée, pour un cylindre donné, par le taux de l'expansion de sorte qu'on peut avoir la valeur modifiée de la pression par une relation du genre de celle-ci :

$$p_1^1 = p_1 \left(\frac{v_1}{v}\right)^n \Big(1 - f(r)\Big),$$

$f(r)$ dont on ne connaît ni la valeur ni la forme est déterminée par la surface de refroidissement, la durée du contact, la différence des températures, la nature de la vapeur, etc. L'auteur a trouvé que, pour les taux ordinaires d'expansion, on peut poser $f(r) = ar^m$, m étant une constante.

La valeur de a dépend de l'état de la vapeur à l'entrée au cylindre et est par conséquent en relation avec celle de l'exposant n, et la valeur de m dépend de la nature de la machine et de son fonctionnement.

Nous devons renvoyer au mémoire pour les développements analytiques donnés à cette question ; l'auteur établit que le travail de la vapeur dans les cylindres métalliques est tout différent de ce qu'il serait dans les cylindres idéaux des thermodynamistes et que le rendement des machines ainsi que le degré le plus favorable de détente sont notablement modifiés par la variation dans la proportion d'eau entraînée et par la condensation dans les cylindres. Ainsi la valeur de a varie de 0,1 à des chiffres notablement supérieurs et celle de m de valeurs inférieures à l'unité à plus de 2.

On voit donc que le degré de la détente la plus avantageuse est quelque fois réduit à la moitié de ce qu'il serait dans des cylindres imperméables au calorique.

Cette perte de chaleur peut avoir lieu même avec de la vapeur surchauffée. L'expérience a prouvé que, dans certains cas, le degré maximum d'expansion n'est pas augmenté par l'emploi de la vapeur surchauffée et que, s'il y a avantage au point de vue économique, cela provient, non d'un effet utile plus élevé, mais simplement de l'accroissement de la température de la vapeur et de la réduction de la contre-pression.

Les mêmes remarques s'appliquent à tous les fluides employés dans les machines caloriques aussi bien qu'à la vapeur saturée. Les machines à gaz,

où la vapeur est surchauffée à un degré très élevé, ont une perte par l'échappement près de deux fois aussi grande que la quantité de chaleur nécessaire dans le cas de cylindres non conducteurs du calorique.

L'auteur est d'avis, en somme, que l'emploi des grandes vitesses de piston et de la détente en cylindres séparés, est le moyen qui réussit le mieux pour atténuer les pertes de chaleur dans les machines ; il ajoute que la surchauffe convient surtout aux machines Compound.

Il donne pour les différents systèmes de machines les valeurs suivantes où P représente la pression à la chaudière, p la contre-pression, a et m les coefficients dont il a été question plus haut, n l'exposant correspondant à la proportion d'eau dans le mélange de vapeur et d'eau dans la formule de la loi d'expansion $\frac{p^1}{p} = \left(\frac{v}{v1}\right)^n$ et r le taux de l'expansion.

DÉSIGNATION.	P	p	a	m	n	r
	kg.	kg.				
I. Machine sans condensation.....	7	1.4	0.2	1.5	1.115	4.5
II. Machine à condensation sans enveloppe.	3	0.3	0.2	0.5	1.115	2.5
III. Machine à condensation Compound à enveloppe.....	4.5	0.4	0.1	1.1	1.125	6.0
IV. Machine à condensation Compound à enveloppe.....	7	0.3	0.1	0.0	1.135	10.0

Deuxième cas. — Dans ce cas qui est rencontré le plus fréquemment dans la pratique, la condensation initiale n'a lieu que pendant l'admission et même pas pendant toute l'admission dans les machines à enveloppes ou à forte compression, et la revaporisation a lieu pendant toute la période de détente.

Si on pose $b = 1 - a$, ce qui donne $a + b = 1$ on trouve la série ci-dessous de relations entre a, b et n.

a	=	0.00	0,10	0,20	0,30
b	=	1,00	0,90	0,80	0.70
n	—	1,135	1,125	1,115	1,105.

Dans ce cas, dit l'auteur, la dépense de vapeur réelle est mesurée par le volume introduit à la pression de la chaudière, exactement comme si le cylindre n'était pas sensible à la chaleur.

Voici les conclusions qui terminent le travail de M. Thurston.

1° Le travail accompli dans un cylindre non conducteur, le fluide se détendant adiabatiquement, varie si peu avec la proportion d'eau présente avec la vapeur qu'on peut négliger cette variation et admettre que le tra-

vail est représenté par la courbe hyperbolique et la chaleur dépensée peut être appréciée exactement par le travail effectué.

2° Dans les cylindres métalliques, le travail fait pour une expansion donnée est sensiblement le même qu'avec les cylindres non conducteurs, mais la quantité de chaleur dépensée pour ce travail est beaucoup plus grande, par suite de la condensation, si on emploie de la vapeur saturée ou humide, ou, par suite d'autres causes de perte de chaleur, si on emploie de la vapeur surchauffée ou d'autres fluides.

3° Le taux de l'expansion la plus avantageuse ne varie pas sensiblement avec le degré d'humidité de la vapeur si on suppose le cylindre insensible à la chaleur et ce degré est $\frac{P}{p}$ rapport de la pression initiale et de la contre-pression.

4° Le taux de l'expansion la plus avantageuse, si on admet que la vapeur travaille dans un cylindre métallique, est plus affecté par le degré d'humidité de la vapeur et la condensation aux cylindres ainsi que les autres causes de perte de chaleur interviennent d'une manière plus sérieuse; le taux de l'expansion tombe alors bien au-dessous $\frac{P}{p}$.

5° La quantité de vapeur consommée par course avec le cylindre imperméable à la chaleur est exactement mesuré par le volume de vapeur admise avant le commencement de la détente soit $\frac{1}{r}$ réciproque du taux de l'expansion.

6° Avec le cylindre métallique le poids de vapeur dépensé n'est plus mesuré par le volume de vapeur admis avant le commencement de la détente, mais il est plus grand et la différence croît indéfiniment avec le taux de l'expansion.

7° Le taux de l'expansion ne permet pas de se rendre compte de la quantité de vapeur demandée à la chaudière et payée en définitive en charbon, si on se sert de cylindres métalliques, mais cette quantité augmente considérablement par rapport à $\frac{1}{r}$.

8° La courbe des variations de l'utilisation dont il a été question ci-dessus et dont les abcisses représentent les poids de vapeur employée dans un cylindre donné, et les ordonnées le travail effectué par ces poids de vapeur est entièrement différente de la courbe adiabatique ou autre des pressions moyennes indiquant la manière dont se détend la vapeur dans des conditions données en supposant le cylindre imperméable à la chaleur.

9° On ne peut faire aucune hypothèse exacte sur l'utilisation d'une machine, si on ne connaît pas la courbe exacte de l'utilisation pour ce cas.

10° La solution la plus sûre de tout problème concernant le rendement

des machines est de rechercher d'abord les éléments de la courbe des utilisations sur des machines existantes, travaillant dans les conditions de marche de celle qu'on a en vue.

11° Lorsqu'on a obtenu cette courbe d'utilisation expérimentalement sur une machine, on peut obtenir, pour des conditions données et avec un degré d'exactitude limité seulement par l'importance des erreurs d'observation, tout ce qui concerne les éléments permettant d'obtenir d'une machine le rendement maximum dynamique et le plus faible coût en argent de la force motrice.

12° La nécessité de suivre la marche signalée et inaugurée, il y a cent ans, par Smeaton, pour protéger le fluide moteur contre les pertes de chaleur en l'enveloppant de surfaces non conductrices de la chaleur, est le point qui s'impose le plus impérativement à l'ingénieur qui s'occupe de l'étude des machines à vapeur.

Cette dernière conclusion semble viser un ordre d'idées qui a été abordé depuis quelques années, le revêtement des surfaces intérieures des pistons et des cylindres en matières peu, sinon pas, conductrices de la chaleur, plomb, verre, porcelaine, etc. Nous avons indiqué dans les mémoires de la Société, page 948, année 1877 des tentatives faites en Belgique avec des revêtements en plomb ; il est peu probable que les bons résultats qu'on avait annoncés à cette époque aient été confirmés par l'expérience, car on n'en a jamais entendu parler depuis.

Essais de machines à vapeur. — M. Longridge, ingénieur en chef de la *Engine, Boiler and Employer's Liability Insurance Company*, a fait à la fin de l'année dernière une série d'expériences très complète sur une machine à vapeur construite par MM. Yates de Blackburn, expériences auxquelles il a appliqué la méthode analytique de M. Hirn.

Le but de ces essais était non seulement d'obtenir des résultats de consommation sur la machine essayée, mais également de vérifier si les résultats obtenus dans des essais précédents, faits sur une machine de MM. Bryan Donkin, se vérifieraient. Cette dernière était une machine Compound horizontale à deux cylindres en prolongement l'un de l'autre, du type que les Anglais désignent actuellement par l'expression de *tandem*.

La machine qui a fait l'objet des nouvelles expériences est une machine à condensation à deux cylindres de diamètre différent, actionnant des manivelles à angle droit avec réservoir intermédiaire. Le petit cylindre a un tiroir ordinaire et un tiroir de détente contrôlé par le régulateur ; le grand cylindre a un tiroir ordinaire. Les deux cylindres et le réservoir intermédiaire ont des enveloppes de vapeur aux parties circulaires, mais non dans les fonds. Les cylindres ont $0^m,506$ et $0^m,863$ de diamètre et $1^m,525$ de course. La pression était de 7 kilogrammes absolus. Les essais ont duré sept jours.

Notre but n'est que de donner les conclusions que tire M. Longridge de cette série très complète d'expériences. Ce sont les suivantes :

1° Il est possible de construire une machine à vapeur qui satisfasse aux exigences d'un fonctionnement industriel avec une consommation maxima de 7,70 kilogrammes de vapeur (17 livres) par cheval indiqué et par heure. Ce résultat avait été contesté lors de la publication des résultats de l'essai de la machine Compound tandem, mais les nouvelles expériences établissent parfaitement le fait. Dans le premier cas, les cylindres n'avaient pas d'enveloppes, leur rapport de volumes était de 2,73, la pression à la chaudière était de 6,75 kilogrammes, le taux de l'expansion de 11 et la consommation d'eau par cheval indiqué et par heure de 7,61 kilogrammes. Dans le second cas, le rapport de volume des cylindres était de 2,88, la pression de 6,5 kilogrammes, l'expansion de 8,25 et la dépense d'eau par cheval indiqué, les enveloppes ne fonctionnant pas, de 7,66 kilogrammes, soit à 1 pour 100 près la même que la précédente. Lorsque toutes les enveloppes fonctionnaient, la consommation était plus grande, mais il ne faut pas en conclure à l'inutilité générale des enveloppes, d'abord parce que, dans l'espèce, les parties circulaires seules étaient enveloppées et qu'ensuite il n'est pas sûr que toute la surface enveloppée fût efficace, car la chaleur fournie par les enveloppes n'a été que de 6 pour 100 de la quantité totale et, comme il n'y avait point de purgeur d'air à la partie supérieure des cylindres, il n'est point certain que les chemises fussent bien pleines de vapeur.

2° Avec des rapports de cylindres comme ceux-ci, le taux de l'expansion peut varier de 8 à 11 volumes, sans que la consommation varie d'une manière appréciable.

3° Avec ce rapport de volumes de cylindres, ce sont probablement ces taux d'expansion qui donnent les meilleurs résultats.

4° Au point de vue de la dépense de vapeur dans une machine Compound, il semble indifférent que les cylindres soient placés l'un derrière l'autre agissant sur la même manivelle, ou l'un à côté de l'autre et actionnant des manivelles à angle droit.

5° Si on ne met d'enveloppes qu'à un des cylindres, il est préférable que ce soit au petit cylindre.

Nous croyons devoir faire suivre ces conclusions d'une observation qui ne figure pas dans le mémoire très détaillé de M. Longridge et qui cependant est d'un grand intérêt.

Si on prend le poids d'eau d'alimentation, par course par exemple, et qu'on le compare au poids de vapeur trouvé à la fin de la course du grand cylindre évalué d'après les diagrammes d'indicateur, on trouve une différence toujours positive et très importante et qui varie de 17 à 40 pour 100 du poids de vapeur mesuré d'après le diagramme.

Le premier rapport est pour la machine fonctionnant avec enveloppes, le second pour la machine fonctionnant sans enveloppes.

Pour faire voir quelle erreur on commettrait dans le cas dont il s'agit en évaluant la dépense d'après les diagrammes, nous avons dressé au moyen des chiffres du rapport de M. Longridge le petit tableau ci-dessous qui donne les consommations d'après les deux modes de mesure pour tous les essais.

DATE DES ESSAIS.	NATURE DES ENVELOPPES EN FONCTION.	VAPEUR PAR CHEVAL INDIQUÉ ET PAR HEURE.		DIFFÉRENCE en centièmes de P'.
		P mesurée.	P' calculée sur le diagramme.	
25 octobre....	Aucune.....	7k.64	5k.45	40
26 » ...	Grand cylindre.....	7 .85	6 .20	26
27 » ...	Réservoir intermédiaire..	7 .83	5 .91	32
28 » ...	Toutes.....	7 .70	6 .55	17
31 » ...	Petit cylindre.....	7 .36	5 .22	40
1er novembre..	Aucune.....	7 .68	5 .48	40
2 » ...	Toutes.....	7 .77	6 .59	17

Ces chiffres font voir que l'emploi de l'enveloppe atténue considérablement l'importance de la différence entre le poids de l'eau d'alimentation et le poids de vapeur calculé d'après la pression finale au grand cylindre, mais que cependant il est loin de la supprimer.

Dans le cas dont il s'agit, par exemple, il faudrait ajouter au moins 17 pour 100 au dernier chiffre pour avoir la consommation réelle de vapeur.

Chemins de fer au Mexique. — Dans la Chronique de novembre 1881, page 538, nous avons donné, d'après une source américaine, quelques détails sur le chemin de fer de Vera-Cruz à Mexico ; nous croyons intéressant d'extraire quelques renseignements, sur de nouveaux chemins de fer en construction au Mexique, d'une brochure récemment publiée par notre collègue M. Langrand.

Le chemin de fer national mexicain actuellement en construction se compose de deux lignes principales dont la première part de Mexico et aboutit au port de Manzanillo sur l'océan Pacifique en passant, dit la brochure, par vingt-trois villes plus ou moins importantes dont la population totale est de 744,000 habitants et qui ne sont encore desservies par aucun chemin de fer; la seconde ligne part de la première à Acambaro et remonte vers le nord en desservant San-Luis de Potosi, Monterey, etc., pour arrêter à Laredo, ville frontière du nord du Mexique.

La longueur de la ligne du Pacifique est de 1,049 kilomètres, celle de la

ligne d'Acambaro à Laredo, de 1,183 kilomètres ; divers embranchements portent la longueur totale du réseau à 3,500 kilomètres.

La ligne du Nord se raccorde à Laredo avec le chemin de fer Texas-Mexicain qui dessert les ports de Galveston et de Corpus-Christi et par là avec les lignes du sud des États-Unis. Une ligne projetée de Laredo à Santa-Fé la mettra, dans un avenir prochain, en communication avec les chemins de fer des États de l'Ouest, le nouveau Mexique, le Colorado, l'Utah, la Nevada et la Californie.

La ligne entière est à la voie de $0^{m},915$ (3 pieds anglais), fait assurément des plus intéressants. Du reste, le Denver-Rio-Grande, qui a été établi par les mêmes concessionnaires et qui dessert le Colorado est à la même voie et a donné de très bons résultats, comme économie de construction e d'exploitation.

Le coût de construction du National-Mexicain est estimé à 64,600 francs par kilomètre, y compris le matériel roulant.

Le gouvernement mexicain accorde une subvention de 36,400 francs par kilomètre, pour la ligne du Pacifique, et de 33,800 pour celle du Nord. Les recettes sont évaluées dans la brochure de M. Langrand à 14,580 dollars par mille, ce qui représente en nombre rond 45,000 francs par kilomètre ; ce chiffre peut paraître élevé, mais il ne faut pas oublier que le chemin de Véra-Cruz à Mexico fait des recettes énormes, et que le Denver-Rio-Grande, bien qu'encore inachevé, donne 25,000 francs de recettes brutes par kilomètre.

Le Mexique compte 10 millions d'habitants, et a une production minière et agricole considérable.

Il est possible que par le développement ultérieur de cette dernière en présence des nouveaux moyens de communication, les blés du Mexique puissent venir faire sur les marchés européens concurrence aux blés des États-Unis.

En tout cas, il nous a paru intéressant de signaler l'emploi de la voie étroite sur un réseau de plusieurs milliers de kilomètres, devant donner lieu à un trafic considérable, emploi justifié d'ailleurs par les applications importantes faites aux États-Unis où on compte déjà une quarantaine de lignes d'une longueur totale de plus de 2,500 kilomètres.

Système combiné de traction pour fortes rampes. — Notre collègue, M. Abt, ancien ingénieur de l'Inspectorat technique des chemins de fer suisses, dont nous avons déjà plusieurs fois cité les travaux, a récemment imaginé un système combiné de traction, principalement applicable à de petits chemins de fer établis dans les régions accidentées ; c'est une ingénieuse combinaison de la traction par simple adhérence et de la traction par câble.

Chacun de ces systèmes employé isolément a ses avantages et ses inconvénients. Les locomotives ont l'indépendance absolue, mais, dès que l'inclinaison augmente, la plus grande partie de la puissance est employée à

remonter la machine et la charge utile devient très faible; si on a recours à l'adhérence artificielle, les dépenses d'établissement augmentent dans d'assez grandes proportions tant pour la voie que pour les machines.

Les câbles sont une solution rationnelle pour les fortes inclinaisons en ce que le poids du moteur n'est plus à remonter, mais on dépend de machines fixes, avec tous les inconvénients de cette dépendance.

Pour les chemins industriels destinés à l'exploitation de mines, carrières, etc., on a souvent à examiner le cas suivant : le tracé est en majeure partie en palier ou avec de faibles inclinaisons et, à une certaine partie, la conformation naturelle du terrain présente une forte différence de niveau et une pente considérable.

Il faut donc ou bien :

1° Chercher un développement suffisant pour maintenir une inclinaison modérée, on allongera nécessairement la ligne, ce qui entraînera des frais de construction d'autant plus élevés qu'on sera peut-être amené à rencontrer des obstacles à franchir, des propriétés à traverser, etc., qui seront de nouvelles causes de dépenses, ou,

2° Recourir à l'adhérence artificielle, qui conduira à une voie relativement coûteuse et à l'emploi de machines mixtes nécessairement plus compliquées et plus coûteuses que des machines ordinaires;

3° Intercaler des plans inclinés desservis par des câbles entre des sections desservies par des locomotives, solution qui entraîne des difficultés considérables dans le service, des pertes de temps et des chances d'interruption;

4° Enfin, employer le système proposé par M. Abt, qui a pour objet de faire suivre au tracé le terrain naturel et d'exploiter toute la longueur au moyen de locomotives ordinaires.

Voici le principe de ce système de traction : sur les parties horizontales ou à faible inclinaison, la locomotive travaille à la manière ordinaire; lorsqu'il s'agit de franchir des pentes considérables, on relie au pied de la pente la locomotive à un câble qui s'étend sur toute la longueur du plan incliné et, passant à la partie supérieure sur une poulie horizontale, s'attache à un wagon contre-poids suffisamment lesté. On comprend que si on lâche ce wagon, il fait en partie équilibre au train montant en descendant de son côté.

Une fois le train arrivé en haut de la rampe, on détache le câble et le train continue sa route à la manière ordinaire.

Le train descendant remonte le contre-poids et le remet en état de prêter de nouveau son concours à un autre train montant.

Il est nécessaire de dire ici que, par une ingénieuse disposition, il n'est nullement nécessaire d'avoir partout des doubles voies ou des croisements; il suffit de disposer au milieu du plan incliné deux voies parallèles sur une petite longueur, 60 à 80 mètres par exemple; c'est là que s'effectue le croisement d'une manière automatique et absolument certaine.

Au point de séparation des deux voies, un des rails de la voie unique se partage en deux tronçons divergents sans coupure aucune ; il est évident que ce rail déviera d'un côté le véhicule à roues ordinaires à boudins à l'intérieur qui s'y présentera ; si, au contraire, il s'y présentait un véhicule ayant les boudins à l'extérieur, ce véhicule serait dévié de l'autre côté; l'autre rail a les coupures nécessaires pour obéir à cet effet. La disposition inverse est appliquée à l'autre extrémité du garage.

Le principe consiste donc simplement à avoir les boudins des roues du wagon contre-poids disposés inversement de ceux des roues des wagons de trains pour que le mouvement s'effectue de lui-même et sans erreur possible.

On voit qu'avec cette disposition, on conservera l'indépendance et la commodité d'emploi des locomotives ordinaires, que la voie ne nécessitera pas de dépenses spéciales pour l'installation d'organes destinés à accroître l'adhérence naturelle, et que le système de traction pourra être appliqué sans modifications difficiles ou coûteuses aux chemins de fer existants.

M. Abt a calculé qu'une locomotive ordinaire munie du système qui vient d'être indiqué pourra remorquer jusque sur des rampes de 120 millièmes la même charge qu'une locomotive à crémaillère et une charge double de celle d'une locomotive à adhérence naturelle.

Si l'inclinaison dépasse 120 millièmes, on devra adopter une voie à crémaillère et, dans ces conditions, l'emploi de la disposition de M. Abt permettrait de porter l'inclinaison jusqu'à 500 millièmes ; dans ces conditions une machine à roue dentée de 12 à 15 tonnes remorquerait encore un train d'un poids égal au sien, soit ce qu'une machine à crémaillère remonte sur une rampe maxima de 250 millièmes.

La très ingénieuse disposition de croisement qui a été indiquée ci-dessus a du reste déjà fait ses preuves, elle a reçu deux applications en Suisse, l'une au chemin de fer du Giessbach, l'autre au plan incliné des carrières de marbre de Saillon.

Solidification des matières très divisées par la pression. — Faraday avait constaté que des morceaux de glace pressés l'un contre l'autre se soudent même dans de l'eau à une température supérieure à zéro; des insuccès, éprouvés en cherchant à opérer sur d'autres substances, lui avaient fait supposer que cette propriété était spéciale à la glace. Beaucoup de savants ont étudié cette question au point de vue théorique, pour arriver à des explications satisfaisantes, mais le côté expérimental de la question avait été longtemps négligé.

M. Walther Spring a répété l'expérience sur un grand nombre de substances, soit organiques, soit inorganiques, à l'état très divisé, à basse et à haute température, et il a obtenu des résultats très intéressants, dont nous allons donner un aperçu en résumant une note que nous trouvons dans l'*Engineering*.

A la température ordinaire, une pression de 2,000 atmosphères, permet

de transformer de la limaille de plomb en un bloc solide, dont la densité est de 11.5, c'est-à-dire plus élevée que la densité généralement admise de 11.4. A 5,000 atmosphères, le plomb devient fluide. Le bismuth, l'étain et le zinc en poudre, se comportent de même sous des pressions de 5,000 à 6,000 atmosphères, et tandis qu'on peut agglomérer de la limaille d'aluminium et de la limaille de cuivre à une pression suffisante, on ne parvient pas à obtenir une union complète des parties avec l'éponge de platine.

L'appareil dont s'est servi M. Spring permet de pousser la pression à 10,000 atmosphères, mais c'est insuffisant pour les métaux résistants. On a pu constater que la facilité d'agglomération à la température ordinaire est fonction de la ténacité, aussi peut-on faire à l'aide de la chaleur ce qu'on ne peut pas obtenir à la température ordinaire.

Si on considère les métalloïdes, on trouve que ceux qui présentent plusieurs modifications allotropiques prennent toujours sous la pression la forme qui correspond à la densité la plus élevée.

Après avoir opéré sur un très grand nombre de composés salins, M. Spring arrive à la conclusion que les substances cristallines s'agglomèrent facilement, et que les substances amorphes résistent à moins qu'elles ne puissent exister sous la forme cristallisée, auquel cas elles prennent cet état avant de s'agglomérer. Plus elles sont tendres mieux l'expérience réussit et on peut ainsi obtenir de véritables minéraux. Ainsi on peut faire de la pyrolusite avec du bioxyde de manganèse en poudre, et de la blende avec du sulfure de zinc. Le sel commun s'aggglomère en blocs transparents, tandis que le carbonate de soude anhydre transformé en bloc solide laisse toujours voir des grains séparés. Une pression de 6,000 atmosphères ne produit aucun effet sur le carbonate de plomb, mais à cette pression le verre en poudre commence à s'agglomérer.

Avec les substances organiques on obtient de curieux résultats. La cire, sous la température de 13 degrés centigrades, s'agglomère à la pression de 260 atmosphères, et fond à 500, tandis que la paraffine reste encore solide et parfaitement transparente à 2,000.

Le camphre et l'acide oxalique se soudent facilement de même que la gomme arabique, la cire à cacheter et le prussiate de potasse. L'amidon est transformé par la pression en une sorte de pierre, à 6,000 atmosphères on obtient une masse très dure transparente aux angles et offrant la cassure de la porcelaine; avec le sucre on n'obtient qu'une union imparfaite des molécules; la résine devient très dure. On a pu transformer du charbon en poudre en un bloc solide, et la tourbe a été également solidifiée en une matière noire brillante, sans aucune apparence organique et devenant plastique au-dessus de 6,000 atmosphères. Un échantillon montré à plusieurs personnes a été pris par elles pour du charbon ordinaire, et, soumis à la distillation, a donné un morceau de coke. De ses expériences sur ce point, M. Spring conclut qu'une pression de 200 à 300 atmosphères est suffisante pour avoir donné lieu à la production de la houille.

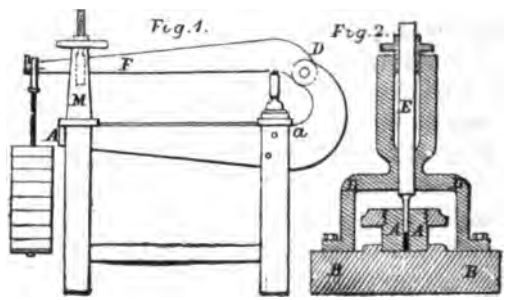
Sous les plus hautes pressions réalisables avec les appareils, le coton

et la laine sèche n'ont éprouvé aucun changement, mais les mêmes substances à l'état humide ont donné des masses solides ne présentant aucune texture organique. Le noir animal n'a subi aucune modification.

M. Spring a fait des recherches sur l'influence de la pression sur certaines réactions chimiques, voie dans laquelle il avait été d'ailleurs précédé par Cailletet et Pfaff.

Des mélanges de limaille de cuivre et de soufre en poudre ont donné la réaction prévue, mais on ne réussit que dans le cas où le volume du produit doit être plus faible que la somme des volumes des éléments qui le composent, c'est-à-dire où il doit y avoir contraction. En somme on peut comparer jusqu'à un certain point les substances en poudre fine à des gaz, la pression réunit les molécules séparées par une action mécanique, et on peut citer à l'appui le fait bien connu, que des mélanges d'air et de substances solides, mais en poussière, peuvent être aussi explosifs que des mélanges d'air et de gaz.

Nous donnons ci-dessous le dessin de l'appparеil employé dans les expériences de M. Spring; la figure 1 est une élévation et la figure 2 une



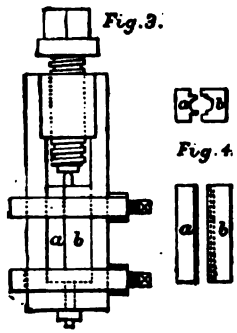
coupe de la chambre de compression. Celle-ci est formée d'un cylindre A en acier de 37 millimètres de diamètre et 50 de hauteur avec un trou d_e 10 millimètres de diamètre. Pour permettre l'enlèvement facile des blocs formés, le cylindre A est en deux pièces parfaitement ajustées qu'on place dans une cavité de forme convenable pratiquée à la partie supérieure d'une masse d'acier B, la partie supérieure de A est maintenue par un écrou légèrement conique.

Au-dessus du cylindre de compression et fixée à la pièce B, est une chambre D en bronze, qui peut être mise en relation avec une pompe à air, et dont la partie supérieure sert de guide et de presse-étoupe pour la tige E. La pression est opérée par des poids agissant à l'extrémité d'un fort evier F articulé en D. Un dynamomètre à ressort M indique la pression. Le poids du levier seul produit sur le piston de compression une pression de 260 atmosphères. Avec la charge maxima que peuvent supporter les leviers, la pression peut atteindre 10,000 atmosphères.

M. Spring a construit un autre appareil destiné à opérer à des températures plus élevées. Le cylindre de compression est également en deux

parties avec joints par emboîtement pour que le contact soit plus parfait; au lieu du levier, on emploie une forte vis pour agir sur la tige de pression.

Les figures 3 et 4 représentent cette disposition dans laquelle on peut



soumettre l'appareil à des températures qui sont appréciées au moyen de petits échantillons de métaux fusibles à des points connus.

Les résultats de ces expériences présentent un grand intérêt et on peut en tirer des indications utiles sur les circonstances qui ont amené la production des dépôts naturels qui constituent l'écorce du globe; l'auteur a ouvert là un champ d'investigations qui donnera certainement lieu à une série de recherches de la plus haute portée.

Le procédé Thomas-Gilchrist, en Allemagne.— A la dernière réunion de l'Association des maîtres de forges allemands, M. Brauns, directeur de l'Union de Dortmund, a lu un mémoire sur l'importance de l'extension du procédé Thomas et Gilchrist pour l'industrie métallurgique en Allemagne.

A Hörde on a déjà fait 27,000 tonnes d'acier par ce procédé et à Ruhrort 40,000 tonnes. On a commencé la fabrication à Dortmund au mois de mai dernier. Le métal obtenu ne laisse rien à désirer et est supérieur au Bessemer pour les qualités douces. La composition de la fonte la plus convenable est :

Manganèse.	1 pour 100 minimum.
Silicium	0,3 à 0,5 pour 100,
Phosphore	1.2 à 2 pour 100.

En examinant la richesse de l'empire allemand en minerai phosphoreux, l'auteur établit que l'Alsace-Lorraine possède des milliards de tonnes de minerai oolithique et qu'il y en a également des quantités énormes dans le grand duché de Luxembourg, soit de quoi subvenir pendant un millier d'années aux besoins des forges allemandes. Ces minerais ont une trop faible proportion de manganèse, ce à quoi on peut remédier en leur ajoutant du limonite manganifère de Nassau. Le district minier de Bonn fournit

près d'un million de tonnes de minerais par an et cette quantité peut être extraite pendant des centaines d'années sans épuiser les gisements. Parmi les minerais phosphoreux, on peut citer les hématites rouges de la rive droite du Rhin, les carbonates de la Ruhr, les limonites du nord de l'Allemagne, les dépôts d'Ilsede qui ont 2 kilomètres de longueur sur 6 à 8 mètres d'épaisseur, les minerais de Sulzbach en Bavière et ceux de la haute Silésie.

En 1880, l'Allemagne a importé 600,000 tonnes de minerais et 270,000 tonnes de fonte brute représentant un total de 1,145,000 tonnes de minerai étranger qui pourrait être remplacé par des minerais du pays. Le mémoire termine en exprimant la conviction qu'on ne délaissera pas les minerais purs parce que le coût de leur réduction est plus élevé par le procédé basique que par le procédé acide.

Utilité des Sociétés d'Ingénieurs. — Le rapport annuel présenté par le Conseil de l'*Institution of Civil Engineers* inspirait à l'*Engineering* les réflexions suivantes :

« Le rapport annuel lu à l'assemblée générale du 20 décembre dernier est actuellement imprimé et distribué aux membres, et son contenu ne peut que leur inspirer fierté et satisfaction.

« L'Association est puissante comme nombre et comme ressources, et les services qu'elle rend à la profession ne sauraient être trop hautement appréciés.

« Les avantages directs de la fréquentation de l'Institution sont évidemment limités à ceux qui la fréquentent personnellement; mais les *transactions* dont l'importance et la valeur augmentent chaque année sont distribuées à de fréquents intervalles aux membres répartis dans le monde entier et qui sont ainsi plus favorisés que ceux de la plupart des Sociétés analogues.

« Les membres à l'étranger, s'ils sont privés d'assister aux réunions périodiques et de profiter des salles de lecture et de la magnifique bibliothèque de l'Institution, ont une compensation dans les avantages que nous venons de signaler et on peut dire que, si la qualité de membre de l'*Institution of Civil Engineers* est dans le pays même une chose agréable et utile, à l'étranger elle est une puissante recommandation.

« Nous avons dit que les membres, outre les avantages attachés à cette qualité, reçoivent au moins la valeur de leur cotisation sous forme de publications annuelles qui dépassent en importance celles de toutes les sociétés de ce genre. En effet, l'année dernière il n'a pas été distribué moins de cinq gros volumes dont l'un formait la table générale des matières contenues dans les volumes de I à LVIII, les quatre autres contenant les travaux de l'année, savoir : quatorze communications lues aux séances du mardi avec les discussions, plus trente-sept mémoires non lus mais jugés dignes d'être imprimés et les résumés ordinaires si bien faits

des publications techniques étrangères. Cette partie des transactions, qui ne date que de quelques années, augmente continuellement d'importance, malgré les difficultés que présente un travail de ce genre. La publication des transactions n'a pas coûté l'année dernière moins de 163,000 francs, dont 20,000 pour la table des matières dont nous avons parlé. »

En reproduisant ce qui précède, l'*Engineering News* fait remarquer que « ces observations peuvent s'appliquer aux autres grandes Sociétés d'Ingénieurs, telles que la Société américaine des Ingénieurs civils, qui tend de plus en plus à devenir la représentation réelle de la profession aux États-Unis et qui, par l'accroissement du nombre de ses membres, de son musée et de sa bibliothèque et par l'appoint qu'elle fournit à la littérature technique au moyen de ses publications, exerce une influence considérable sur le pays et les travaux qui s'y exécutent. Ces associations sont un stimulant énergique pour les ingénieurs et les constructeurs auxquels elles fournissent les moyens d'échanger leurs idées par la discussion et de réunir leurs efforts pour arriver à faire connaître et considérer la profession. Les résultats déjà donnés par les Sociétés d'Ingénieurs ne sauraient être assez appréciés et il ne peut provenir de leurs travaux que des avantages considérables pour la profession et pour le public. Nous croyons donc qu'on doit encourager les ingénieurs à se rallier aux associations, et nous exprimons le désir qu'il s'établisse aux États-Unis une Société centrale fortement constituée, qui soit pour l'Amérique ce que l'*Institution of civil Engineers* est pour l'Angleterre. »

COMPTES RENDUS

ACADÉMIE DES SCIENCES.

Séance du 13 mars 1882.

Note de M. CLÉMANDOT, sur la **trempe par compression.** L'auteur désigne par le nom de *trempe par compression* un nouveau mode de traitement des métaux, particulièrement de l'acier, qui consiste à chauffer le métal à la température du rouge cerise, à le comprimer fortement et à le maintenir sous pression jusqu'à refroidissement complet.

Le métal ainsi comprimé a acquis une dureté excessive, un resserrement

moléculaire et une finesse de grain tels que le polissage lui donne l'aspect du nickel poli.

L'acier comprimé, à l'égal de l'acier trempé, a pris la force coercitive qui lui donne la faculté d'acquérir le magnétisme. Cette propriété devra être étudiée au point de vue de la durée; mais des pièces de téléphones comprimées et aimantées depuis plus de trois mois, ont conservé leur aimantation depuis cette époque d'une façon absolue.

La compression, effectuée dans ces conditions, est une opération qui n'a d'analogue que la trempe; le martelage, comme l'écrouissage, modifie bien l'état du métal, surtout à froid ou à peu près, mais l'effet de pression par la presse hydrauliestque bien supérieur. La rapidité d'effet de la compression joue un rôle.

L'auteur pense qu'il doit se produire un resserrement moléculaire, un *amorphisme* d'où résulte l'homogénéité due à l'absence de toute cristallisation et il pense qu'en graduant la compression on pourra arriver à obtenir la trempe dans des conditions voulues d'avance.

Séance du 20 *mars* 1882.

Note de M. MARCHAL, sur l'**action de déformation du choc, comparée à celle d'un effort continu.** — Nous nous bornerons à rapporter les conclusions de l'auteur qui sont les suivantes :

1° Si les résultats particuliers constatés à la suite du choc se distinguent des résultats obtenus avec les forces agissant lentement, la cause est uniquement due à ce fait que, par rapport au point frappé, la répartition des efforts dans les différentes régions de la masse du corps varie avec la vitesse d'impact;

2° D'un autre côté, les résistances développées par les chocs ne diffèren pas des résistances mises en jeu dans les phénomènes statiques;

3° Des différences dans les résultats d'un même choc correspondent toujours à des différences dans certains éléments des expériences à la traction, ces différences n'empêchant d'ailleurs pas que des concordances ne puissent se présenter en même temps entre d'autres résultats de ces dernières épreuves;

4° En définitive, les résultats des expériences au choc peuvent être prévus lorsqu'on connaît convenablement la loi des déformations obtenues par charges graduées.

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

JANVIER 1882.

Rapport de M. Henri PÉLIGOT, sur les **horloges pneumatiques**, présentées par la *Compagnie générale des horloges pneumatiques*.

Le rapport indique sommairement les conditions dans lesquelles sont installées l'usine centrale, la canalisation et les horloges qui desservent partiellement trois arrondissements de Paris, d'après le système très simple imaginé par MM. Popp et Resch. L'air est comprimé par des pompes mues mécaniquement et envoyé dans des réservoirs où la pression varie entre 2 et 5 atmosphères.

De là, il se rend, en passant par un régulateur, dans un réservoir à basse pression où il est maintenu à une pression de trois quarts d'atmosphère en dessus de la pression atmosphérique.

Une horloge centrale fait mouvoir un tiroir qui, chaque minute, envoie l'air à pression constante dans les conduites de distribution.

La pression est donnée dans la canalisation pendant vingt secondes. Les horloges correspondantes ont de petits soufflets qui se gonflent sous l'influence de la pression et retombent lorsque la pression atmosphérique se rétablit dans la canalisation. Le soufflet actionne l'horloge par le moyen d'une tige et d'un rochet.

Les machines et compresseurs sont actuellement rue d'Argenteuil et les autres appareils rue Sainte-Anne. La canalisation se compose de tubes en fer de 27 millimètres de diamètre placés dans les égouts; le service des maisons particulières est fait par des tuyaux de plomb de 6 à 10 millimètres de diamètre branchés sur les précédents; ces tuyaux montent dans les habitations et reçoivent à chaque étage des robinets d'attente sur lesquels sont ou seront branchés plus tard, des tuyaux de 3 millimètres en caoutchouc avec spirale métallique conduisant l'air aux soufflets des pendules à desservir.

La canalisation a actuellement 23 kilomètres de longueur; elle dessert 14 candélabres placés dans de grandes rues ou boulevards et portant 33 cadrans, ainsi que 1300 abonnés répartis dans 500 immeubles et comptant 2500 pendules.

Rapport de M. HATON DE LA GOUPILLIÈRE, sur une **Méthode de calcul des diagrammes de machines à vapeur**, par M. A. QUÉRUEL.

Le rapport indique que M. Quéruel a cherché à faciliter les calculs des projets de machines à vapeur par la construction de tables numériques;

ayant pris comme base les chiffres de Zeuner, il en a déduit, après transformation et interpolation, cinq tableaux.

1° Le premier sert à ramener les atmosphères aux pressions en kilogrammes par centimètre carré.

2° Le second établit une comparaison entre les chiffres réels et ceux que fournirait l'application de la loi de Mariotte ; il contient les pressions métriques, les volumes que prend successivement par ses changements de volume une masse de vapeur occupant originairement un volume de 1 mètre cube sous la pression de 1 kilogramme, les volumes auxquels reviendrait, par le changement inverse de pression, 1 mètre cube de vapeur pris à l'état final, enfin le rapport de ces résultats à ceux qu'on déduirait de la loi de Mariotte.

3° Le travail absolu dont est susceptible une quantité de vapeur occupant un volume de 1 mètre cube sous la pression de 1 kilogramme et fonctionnant dans une Compound théorique sans espace nuisible et sans détente propre dans le petit cylindre; il y a trois colonnes dont la première donne comme échelle de graduation le rapport des volumes des cylindres, la seconde fait connaître le travail en supposant un réservoir intermédiaire de capacité indéfinie, et la troisième en supposant qu'il n'y a pas de réservoir.

4° La première colonne donne les détentes théoriques, la seconde le résultat en kilogrammètres, les trois autres qui sont doubles font connaître l'expansion réelle et le travail réduit, lorsqu'on y apporte la correction due à l'espace nuisible que l'auteur suppose successivement de 1/32, 1/64 et 1/84.

5° La dernière table donne les densités et les volumes accompagnés de leur logarithme et de la différence tabulaire.

Ces tableaux sont accompagnés d'un texte qui en explique l'emploi à l'aide de divers exemples numériques.

Le rapport considère l'opuscule de M. Quéruel, comme représentant le fruit d'un travail personnel considérable et comme étant susceptible de fournir un utile secours de simplification pour les opérations laborieuses qu'exige l'étude d'un projet de machine à vapeur.

Histoire de la découverte du **Téléphone parlant**, de M. Graham Bell, par M. le comte du Moncel.

Discours prononcé par M. Morière, sur la tombe de M. Isidore Pierre, correspondant de la Société d'encouragement.

Vinification : Sucrage des vendanges, par M. Michel Perret.

Matières colorantes et couleurs à l'Exposition universelle de 1878, par M. Lauth.

FÉVRIER 1882.

Rapport de M. Ed. COLLIGNON, sur le **Tachygraphe**, de M. MÉRESSE.

Cet appareil est une modification du pantographe, et son but est de reproduire des figures semblables avec altération des dimensions dans un rapport déterminé.

C'est un parallélogramme articulé dans lequel deux côtés opposés ont une longueur constante, les deux autres côtés étant pris sur des règles divisées de la même manière, dont une seule se prolonge jusqu'au centre de similitude; le balancier est porté sur des roulettes qui facilitent le déplacement, et le point fixe est pris en dehors de la règle, dans une glissière, qui permet d'en régler à volonté la position de manière à l'amener sur la ligne droite, en passant par les centres des articulations des deux brides. L'appareil est de plus contenu dans un plan très voisin du papier.

Les règles sont en bois et les brides qui les rattachent en cuivre. Le tachygraphe a sur les pantographes en bois, pour les grandes dimensions, l'avantage d'éviter le gondolement en réservant les moyens de régler l'appareil, et, grâce à l'adjonction de quelques détails, il constitue un instrument commode et pratique pour les réductions de dessins.

Rapport de M. COLLIGNON, sur **Un appareil destiné à remplacer les robinets dans les conduites de gaz**, par M. JARRE.

C'est un appareil à joint hydraulique formé d'une cloche renversée dans un bain d'eau ou de mercure; la tige, au lieu de passer dans un presse-étoupes, manœuvre dans un second joint hydraulique, qui assure l'isolement de la masse gazeuse, lorsque la cloche est levée.

Rapport de M. Ernest DUMAS, sur la **Fabrication des couleurs vitrifiables**, par M. LACROIX.

L'établissement de M. Lacroix, produit journellement plus de 60 kilogrammes de couleurs vitrifiables, et il est intéressant de signaler qu'au lieu de livrer les couleurs en poudre comme autrefois, le fabricant exécute chez lui le travail matériel auquel le peintre était astreint avant de pouvoir utiliser les couleurs. Celles-ci sont mêlées avec la quantité nécessaire d'essence de térébenthine, et sont enfermées sous forme de pâte liquide dans des tubes d'étain, comme on le fait pour les couleurs à l'huile.

La fabrique livre chaque semaine six mille de ces tubes.

Diverses modifications de la machine de Gramme.

Les matières colorantes et couleurs à l'Exposition universelle de 1878, par M. LAUTH (*Suite*).

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

JANVIER 1882.

Avis du Conseil général des ponts et chaussées, sur un certain nombre de questions, reproduits soit textuellement, soit en substance.

De l'expropriation en matière de desséchements.

Sur la nature de l'acier le plus convenable pour les rails, par M. GAUNER.

Ce travail a déjà été donné dans les *Annales des Mines*, 4e livraison de 1881. (*Voir* les comptes rendus de novembre 1881.)

Note sur la **Généralisation des tableaux** construits d'après la méthode de M. VILLOTTE, ingénieur des ponts et chaussées, pour la détermination graphique des surfaces des profils en travers, par M. DUBRET, conducteur des ponts et chaussées.

La méthode de M. VILLOTTE, repose sur la construction de courbes d'égales surfaces, qui sont des hyperboles homothétiques faciles à tracer dès que l'une d'elles a été construite au moyen de quelques-unes de ses tangentes.

La généralisation de cette méthode telle qu'elle est proposée par l'auteur a pour avantages :

1° d'éviter les corrections à faire subir aux cotes d'axe des profils, corrections qui peuvent donner lieu à des erreurs;

2° De réduire le nombre des hyperboles nécessaires;

3° De ramener le problème à de simples déplacements du rapporteur transparent dont on fait usage, tandis que le premier système n'offre aucun moyen pratique de déterminer les surfaces de déblai ou de remblai d'un profil mixte.

COMPTES RENDUS DE LA SOCIÉTÉ DE L'INDUSTIRE MINÉRALE.

RÉUNION DE SAINT-ÉTIENNE, 4 février 1882.

Communication de M. Rossigneux, sur l'**installation d'une transmission électrique au puits Thibaud.**

Ce puits a 24m,50 de profondeur, le nombre de bennes à extraire n'est que de 50 à 60 par dix heures. Après des essais préliminaires couronnés de succès, on a fait une installation définitive composée d'une petite machine à vapeur horizontale de 0m,180 de diamètre de piston et 0m,320 de course commandant une machine Gramme type A.

Les câbles conducteurs de 250 mètres de long sont formés de 16 fils de cuivre de 11/10 de millimètre recouverts de coton, puis de toile imbibée de caoutchouc. Au fond le treuil a un tambour de 0m,50 de diamètre, que la machine Gramme réceptrice commande par courroie et par galets de friction. Dans un essai préliminaire, on a obtenu 1ch,75 sur la machine réceptrice, celle-ci faisait 1,500 tours, et l'excitatrice 2,000.

En marche courante on monte 500 kilogr. en 3 minutes de 24m,50 de hauteur, ce qui fait 0,9 chevaux, la machine réceptrice faisait 1,300 tours, et l'excitatrice 1,800.

Le travail brut sur le piston de la machine à vapeur étant de 3,6 chevaux, le rendement se trouve être de 25 pour 100. La note fait observer que la transmission par friction n'est pas établie dans de bonnes conditions et qu'on pourrait améliorer sensiblement cette partie de l'appareil.

Note de M. Devun, sur **les Fours à coke de Campagnac.**

Ces fours au nombre de neuf établis à Campagnac (Aveyron), donnent un rendement de 74 pour 100 en coke, c'est-à-dire supérieur à ce qu'on obtient des houilles d'Aubin et de Decazeville avec les fours belges, les fours Appolt, etc. Cette augmentation de rendement tient au dépôt d'une partie du carbone de combinaison dans les pores du carbone fixe de la houille, résultat obtenu par la disposition du four et par le mode de carbonisation gradué dans la masse, qui fait que les parties basses et la charge ne commencent à distiller que bien après les parties hautes et lorsque celles-ci sont en formation de coke.

Communication de M. Brustlein, sur les **Soupapes de retenue sur conduites d'alimentation des chaudières à vapeur.**

L'auteur cite un cas arrivé à l'usine Holtzer, où un clapet de retenue établi dans le tuyau d'alimentation d'une chaudière appartenant à un

groupe, était maintenu levé par des concrétions ferrugineuses qui l'empêchaient de retomber sur son siège. Dans ces conditions, cet appareil, exigé par le décret du 30 avril 1880, sur les chaudières à vapeur, non seulement devient inutile, mais peut être cause de l'obturation complète du conduit et par suite des plus graves accidents.

Ventilation des tunnels en percement. Hydromoteurs pour la petite industrie.

Nous supposons qu'on a oublié d'indiquer que ces articles, présentés comme résumés donnés en séance par le secrétaire, ne sont autre chose que la reproduction littérale et sans indication d'origine des résumés que nous avons donnés de ces questions dans la Chronique d'octobre 1881, du *Bulletin de la Société des Ingénieurs civils.*

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS.

2me *livraison de* 1882.

Précautions à employer pendant le travail pour protéger la vie et la sûreté des ouvriers, par M. Albert Pütsch, ingénieur civil, à Berlin (*suite*).

Installation de fonçage des puits dans les minières de Siegen, par M. Macco, ingénieur, à Siegen.

Distributions d'eau modernes, par M. O. Smrkker, ingénieur en chef, à Darmstadt.

Notes sur l'Exposition internationale d'appareils fumivores, à Londres, par le professeur C. Bach, de Stuttgart (*suite*).

Les machines-outils à l'Exposition allemande de patentes et de marques de fabriques, à Francfort (*suite*).

Gazogène de Vitrae.

Four à circulation d'air de Hagedorn.

Four à puddler de W. Griffith.

Pare-étincelles pour cheminées de Alb. Petzold.

Chauffage au gaz de J. Kasalowski.

Four à zinc de Hauzeur.

Calorifère de Milhomme.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ET ARCHITECTES D'AUTRICHE.

N° 1. — 1882.

Tracé et construction du chemin de fer de l'Arlberg, par M. Ludwig Huss, inspecteur de la Construction de la Direction I. et R. de la construction des chemins de fer de l'État.

Rapport du Comité pour l'étude des profils de poutres en fer laminé.

Notice nécrologique sur M. le baron de Burg.

Le Secrétaire-Rédacteur,

A. Mallet.

PARIS. — IMPRIMERIE E. CAPIOMONT ET V. RENAULT, RUE DES POITEVINS, 6.
Imprimeurs de la Société des Ingénieurs civils.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

AVRIL 1882

N° 4

Pendant le mois d'avril, les questions suivantes ont été traitées :

1° *Théâtres* (Mesures à prendre en cas d'incendie dans les), par M. Giraud. (Séance du 14 avril, page 432.)

2° *Chemins de fer d'intérêt local*, par M. Auguste Moreau. (Séance du 14 avril, pages 385 et 436.)

3° *Chemin de fer métropolitain* (Discussion sur le). (Séances des 14 et 28 avril, pages 436 et 460.)

4° *Décès* de MM. Henri Giffard et Duteil. (Séance du 28 avril, page 449).

5° *Décoration de M. Fousset*. (Séance du 28 avril, page 449).

6° *Prix Nozo*. (Séance du 14 avril, page 448).

7° *Thermodynamique* (Considérations expérimentales sur la), par M. Quéruel. (Séance du 28 avril, page 449).

Pendant le mois d'avril la Société a reçu :

De M. Jules Flachat, membre de la Société, un mémoire sur les *Cours d'eau à fond mobile et sur les inondations* (deuxième partie).

De M. J. Gaune, membre de la Société, un exemplaire d'une note sur la *Création d'un asile d'aliénés dans le Var*.

De M. Cacheux, membre de la Société, un exemplaire de son ouvrage sur les *Habitations ouvrières*.

De M. Sérafon, membre de la Société, un exemplaire de son ouvrage sur les *Tramways et les chemins de fer sur routes*.

De M. Hardon, membre de la Société, un exemplaire de sa brochure intitulée : le *Nouveau Paris industriel, les Usines sur l'eau et le fer*.

De M. Seyrig membre de la Société, un exemplaire de sa brochure intitulée : *The different modes of erecting iron Bridges*.

De M. X., un exemplaire d'une brochure intitulée : *Les chemins de fer et le contrôle de l'État*.

De M. Max Lyon, membre de la Société, un exemplaire de son étude sur l'*Esclavage et la colonisation au Brésil*.

De M. Aucoc, membre de l'Institut, un exemplaire de sa brochure sur les *Tarifs des chemins de fer et l'autorité de l'État*.

De M. Fayol, membre de la Société, un exemplaire de son *Etude sur le terrain houiller de Commentry*.

De M. Leveson Francis Vernon-Harcourt, un exemplaire de son ouvrage intitulé : *Rivers and Canals* (texte et atlas).

De M. De Coene, membre de la Société, un exemplaire du compte rendu de la *Société pour la défense des intérêts de la vallée de la Seine*.

De M. Rossiter W. Raymond, membre honoraire de la Société, la *Statistics of Mines and Mining in The states and Territories west of The Rocky Mountains, année* 1869 *à* 1876.

De M. Charles Herscher, membre de la Société, de la part de MM. Heurivaux, Girard et Pabst, un exemplaire de leur ouvrage sur les *Laboratoires de chimie*.

Extraits du Rapport de la commission d'enquête parlementaire sur l'exploitation des chemins de fer Italiens, rapporteurs de la commission : MM. Brioschi, sénateur, président ; Gensla, député, secrétaire.

Les Membres nouvellement admis sont :

MM. Bourgon (de), présenté par MM. Armengaud aîné, Delage et E. Trélat.
Arnault de la Menardière, présenté par MM. Cerbelaud, Gallois et H. Vallot.
Duclos, présenté par MM. Fayollet, Leprou et Miston.
Mazières, — Courtois, Delerme et Lanier.

MÉMOIRE

SUR LE

CHEMIN DE FER MÉTROPOLITAIN

DE LA VILLE DE VIENNE (AUTRICHE)

PAR M. **SCHALLER.**

Depuis que notre collègue, M. Gottschalk, m'a fait l'honneur de m'introduire dans votre honorable Société, j'attendais l'occasion de pouvoir vous présenter le compte rendu d'une étude sur une question qui puisse vous intéresser.

Le projet d'un chemin de fer métropolitain à Vienne est près de se réaliser, et pour Paris le moment semble être venu aussi, où l'on s'occupe sérieusement de cette question si importante.

La question étroitement liée à l'idée de l'établissement d'un pareil chemin de fer est de savoir s'il doit être *souterrain*, *aérien* ou à *niveau*.

Les premiers ingénieurs anglais, parmi eux M. Fogerty, l'élève et collaborateur de Fowler au Métropolitain-Railway à Londres, après de sérieuses études, sont tombés d'accord, qu'eu égard aux conditions topographiques et géologiques tout à fait exceptionnelles de Vienne, le projet aérien est le seul admissible et fournit l'unique solution à même de pourvoir à tous les besoins si nombreux de cette capitale.

Je ne sais, si c'est grâce aux efforts de la diplomatie ou à la profonde sympathie qui existe entre vous et mes compatriotes à laquelle nous devons ces chaleureuses relations entre Paris et Vienne, mais ils me font espérer, Messieurs, que vous voudrez bien accueillir favorablement la communication que j'ai l'honneur de vous soumettre.

Le but de cette communication est de vous faire connaître toutes les

circonstances et les nécessités qui ont amené le projet Fogerty et Bunten.

Une capitale comme Vienne, avec 1,160,000 habitants, formant un organisme embranché, a besoin d'un système de moyens de communication à la fois efficace et bien organisé, pour multiplier les transports en général, augmenter la production et amener par là un développement du bien-être public même dans les classes moyennes ou pauvres de la population.

En examinant les moyens de communication actuels, dans leurs rapports avec le mouvement industriel et public à Vienne, on doit avouer qu'imparfaits en eux-mêmes, ils ne peuvent nullement suffire aux exigences du trafic.

Nos tramways souffrent d'un mal de lenteur en proportion directe avec les distances, causent des ennuis aux voyageurs et sont d'un prix de transport trop élevé.

Les omnibus font sentir les mêmes inconvénients plus durement encore, et enfin les équipages et fiacres ne peuvent pas être pris sérieusement en considération à cause de leurs prix exagérés.

Le principal mouvement du public, qui a lieu régulièrement le matin et le soir, est concentré entre les faubourgs, la banlieue et la ville centrale.

C'est la banlieue, avant tout, qui forme le réservoir du travail et des approvisionnements pour la ville centrale, il faut donc à tout prix faciliter des communications à bon marché, rapides, et celles-ci ne peuvent être atteintes que par un système de traction à vapeur.

L'absence de cette communication empêche l'ouvrier de rechercher l'air plus pur aux environs de la ville et l'oblige à habiter de vraies casernes, malsaines et encombrées, sans compter les loyers très élevés et les autres charges qui grèvent son salaire.

Il est même prouvé que, dans des positions analogues, l'ouvrier de Vienne doit sacrifier environ un tiers de son revenu pour les frais de son logement, tandis que l'ouvrier à Londres, peut suffire à ce besoin avec le sixième, sans compter qu'il jouit de logis plus salubres et plus confortables.

Ceux qui demeurent éloignés perdent beaucoup de leur temps et une partie de leur force pendant le trajet de la ville, en présence de moyens de communication trop incommodes et trop chers.

Le grand nombre de ceux qui n'ont pas les moyens nécessaires pour

se procurer une villégiature doivent se contenter des jardins et squares de la ville, imprégnés de mauvaises émanations, et ne peuvent même pas jouir des environs charmants de Vienne, à cause des ennuis et des dépenses qui en résultent.

Il y a, en vérité, peu de villes qui soient favorisées par des environs aussi ravissants que Vienne, mais malheureusement il n'y en a pas une seule où l'on ait autant de difficultés à surmonter pour les atteindre.

L'établissement d'un chemin de fer métropolitain doit naturellement produire une amélioration considérable dans les logements et dans les constructions nouvelles.

L'ouvrier trouvera un moyen qui lui permettra d'avoir un domicile dans des contrées plus saines ; il pourra, en s'associant, acquérir une petite maison à lui, cultiver son jardin et passer les soirées agréablement au sein de sa famille ; tandis que maintenant il cherche les distractions du cabaret pour fuir la vue d'un ménage pauvre et délabré.

Le matin, il pourra arriver à son travail frais, dispos et de meilleure heure, et, par cette économie de temps et d'argent, ajouter un surplus à son salaire.

On peut dire qu'en épargnant ainsi la force productive du plus noble et du plus important élément du travail : l'homme, on aura trouvé les conditions nécessaires pour augmenter la production et le salaire.

Ce sont aussi les mêmes conditions qui aident d'une manière rapide à la formation et au développement des capitaux et à leur emploi pour des buts productifs, l'agrandissement de la ville, une distribution plus juste de la population et, enfin, l'amélioration de l'hygiène publique.

L'exemple qui nous est offert par d'autres capitales, comme Londres et New-York, prouve d'une façon éclatante l'exactitude de ces suppositions ; car il est tout à fait frappant de voir la manière dont Londres s'est étendue vers les faubourgs de l'est et vers le nord-ouest depuis que le Métropolitain-Railway a été mis en exploitation ; particulièrement Kensington, Brompton et les parties situées au delà de St. John's Wood se sont transformées en quartiers immenses de jardins et de cottages.

A New-York, depuis l'inauguration de l'Elevated-Railroad, le développement de la ville est devenu si grand que depuis cinq à six ans presque tous les terrains aux environs du Central-Park ont été couverts de maisons.

Après vous avoir montré les conséquences utiles qu'un chemin de fer métropolitain doit faire naître lorsqu'il est bien conçu, il s'agit maintenant de la discussion du tracé que doit prendre une pareille voie, afin que tous les intérêts soient parfaitement desservis.

Il semble naturel de supposer qu'on ne pourrait guère atteindre un profit réel que dans le cas précis où la ligne de chemin de fer traverse les points de la ville les plus éloignés, mais aussi très peuplés, et où l'emploi de la force animale, comme moyen de locomotion, ne peut plus être regardé que comme fort inférieur à l'usage de la vapeur et par conséquent préjudiciable à la *durée* des transports pour les mêmes distances.

En tenant compte de la situation de Vienne, les terrains suivants doivent nécessairement nous indiquer le tracé formé par les directions ci-après ; ce sont :

(*a*) Les bords du canal du Danube ;

(*b*) Les bords de la Vienne ;

(*c*) Les terrains situés au sud-est, à l'ouest et au nord-ouest formant la périphérie extérieure de la ville.

Ce tracé général, tel qu'il vient d'être indiqué, répond à une première nécessité ; il traverse les quartiers de la ville les plus fréquentés en reliant les points extrêmes de la périphérie avec le centre.

Permettez-moi d'évoquer ici le souvenir de Londres, qui offre une certaine analogie avec Vienne par sa fondation et son développement original.

Londres, comme vous le savez tous, Messieurs, n'était composée, dans les premiers temps, que de la City, d'une forme demi circulaire, entourée de murs, limitée à l'est par le Tower, à l'ouest par le Temple-Bar et s'étendant au sud vers la Tamise ; elle était tout à fait semblable à Vienne qui, à son origine, ne consistait que dans la ville intérieure flanquée de forteresses et s'appuyant vers le nord-est le long du Danube.

A Londres, au sud de la City, se formaient, autour de la ville, ainsi qu'à Vienne les faubourgs en forme d'éventail (seulement avec la différence qu'à Londres on ne connaissait aucune loi interdisant la libre construction des maisons sans autorisation spéciale).

A l'autre bord de la Tamise naissait Southwark, semblable au faubourg de la Leopoldstadt, à Vienne, au delà du canal du Danube.

Lorsqu'en Angleterre, il y a près de cinquante ans, les premiers chemins de fer furent construits, on avait pris soin d'amener toutes les voies autant que possible au centre de la ville de Londres au moyen de viaducs en pierre afin de pouvoir les utiliser également pour le trafic local.

Quoique l'accroissement considérable occasionné par ces chemins de fer le long de leurs lignes et la création de nouvelles parties de la ville dont ils étaient les causes premières formassent une preuve puissante de leur grande utilité, ils ne pouvaient pas suffire aux besoins du trafic local, et malgré la présence d'un service d'omnibus admirablement organisé, il fallait chercher un moyen de communication reliant la City avec les points et quartiers les plus éloignés de Londres par un chemin de fer de Ceinture.

C'est ainsi qu'en 1858 a été élaborée l'idée de la construction du Métropolitain-Railway qui, en vue des conditions toutes spéciales du sol de Londres, à cause de la cherté extrême du terrain et en présence d'un sol de qualité excellente, dur et argileux, très favorable à la construction, fut projeté comme chemin de fer souterrain, en tenant compte en plus des différences insignifiantes que présentent les niveaux du sol dans le centre de Londres.

Je parlerai plus tard de la capacité et des conséquences de ce chemin de fer.

Par là, Messieurs, il semble évident qu'un tracé circulaire ou annulaire peut seul suffire aux intérêts d'un chemin de fer métropolitain, qui, semblable à une horloge, doit faire partir un train dans chaque direction dans les délais précis de 4 à 5 minutes. L'avantage principal qu'offre un chemin de fer annulaire ou de ceinture consiste en ce que tous les points de la ligne se trouvent à distance égale des deux points terminus de la zone qu'elle parcourt et qu'elle doit comprendre dans son service.

Si je vous parle maintenant, Messieurs, spécialement des conditions que présente Vienne, je ne peux que répéter qu'un chemin de fer métropolitain qui doit desservir tous les intérêts ne peut se composer que trois sections, c'est-à-dire :

1.) Une section allant de la gare de François-Joseph, le long du canal du Danube jusqu'au pont d'Aspern ;

2.) Une seconde section partant du pont d'Aspern et suivant le bord de la Vienne jusqu'à l'abattoir de Meidling, et enfin :

3.) Un troisième et dernière section qui, partant de l'abattoir de Gumpendorf et traversant les faubourgs et la banlieue de l'ouest et du nord-ouest avec leurs nombreuses populations, retourne au point de départ.

C'est uniquement le projet Fogerty-Bunten, je puis vous l'affirmer, qui, par son tracé, répond entièrement aux besoins de l'intérêt public, que j'ai eu l'honneur de vous exposer.

D'autres projets, parmi eux particulièrement celui de la Société des constructions viennoises (Wiener-Baugesellschaft), ont maintenu les deux premières sections désignées, en excluant la section du milieu, qui justement est destinée à représenter la valeur principale pour la banlieue et sans laquelle son trafic ne pourrait rien gagner.

Ce dernier projet, se basant sur la supposition erronée qu'il suffit d'avoir deux points différents, très éloignés l'un de l'autre, pour atteindre la ville par des lignes radiales et remplir le but désigné au moyen d'une ligne parabolique, ne saurait jamais résoudre la question de l'établissement d'un chemin de fer métropolitain que d'une manière partielle, équivalant presque à rien.

Du reste, le rapport déposé le 25 février par la Commission pour l'étude du chemin de fer métropolitain, choisie parmi les membres du conseil municipal de Vienne, a décidé que le projet soumis par la Société des constructions viennoises ne répond point à certaines conditions très importantes contenues dans le règlement général élaboré, et adopta ensuite à l'unanimité le projet présenté par M. Fogerty.

Il paraît, en outre, tout à fait impossible d'organiser le service commun des différentes grandes gares par des trains directs ou des trains collectifs, parcourant la ligne métropolitaine, si cette dernière ne forme pas un anneau fermé ; car c'est seulement à cette condition que l'intercalation d'un service aller et retour entre les gares sera possible pour les trains locaux.

Pour citer un exemple qui prouve combien on ressent la nécessité de compléter cet anneau, permettez-moi de vous dire que la construction de la petite ligne de communication du chemin de fer métropolitain à Londres, de Mansion-House à Aldgate-Street a été décidée, et que la

municipalité de Londres participe à sa construction par la somme immense de 800,000 livres sterling, soit 20 millions de francs.

Il faut avoir vu et étudié ce trafic du London-Métropolitain-Railway pour comprendre par quels moyens simples et ingénieux il est possible de vaincre les difficultés d'un pareil service mixte, et j'ose affirmer dès aujourd'hui que le projet Fogerty tiendra à cet égard toutes les promesses qu'il contient.

Je vous ferai grâce, Messieurs, des chiffres très détaillés concernant les temps de parcours projetés, qui se trouvent ajoutés au compte rendu de cette communication.

Pour la gare centrale du chemin de fer métropolitain à Vienne, on a projeté six voies, qui suffisent largement au service direct aller et retour des grandes gares en dehors du service local.

En construisant toutes les gares de la ligne métropolitaine de façon que tous les trains doivent les traverser, il ne faudrait en effet que quatre voies, c'est-à-dire deux voies pour le service régulier local et deux voies pour les trains directs des grandes compagnies, attendu que ces derniers ont des arrêts plus longs que les intervalles de temps nécessaires au passage des trains locaux.

Mais, par une mesure de sécurité naturelle, on a admis six voies pour pouvoir mettre quatre voies absolument à la disposition du service international, en tenant compte de la nature si différente des trains qui sont destinés à circuler.

Comme aucune manœuvre n'aura lieu dans les gares de la ligne et que, par suite, un train n'aura qu'à suivre l'autre sans créer aucun embarras dans le service, cette gare centrale métropolitaine, semblable du reste à celles de Londres, offre toutes les garanties de sécurité et de capacité.

Je me permets même d'ajouter que les deux gares terminus du chemin de fer South-Eastern, à Londres, Charing-Cross et Cannon-Street sont parfaitement capables de satisfaire aux exigences immenses du trafic local et international.

Après vous avoir indiqué le tracé général que doit prendre le chemin de fer métropolitain à Vienne, j'aurai l'honneur de vous entretenir des principes de la construction de cette ligne, qui a été la cause de maintes et violentes discussions depuis bientôt deux ans.

Jusqu'à présent, cette question imminente avait toujours été regardée comme une question de goût ; les uns s'enthousiasmaient pour un

chemin de fer aérien, les autres pour une ligne souterraine, sans cependant soumettre l'un ou l'autre à un examen approfondi.

Pour faire ressortir la haute importance de cette question, il faut observer avant tout, qu'en présence de la formation géologique et topographique de la ville de Vienne, la construction d'un pareil chemin de fer dépend en première ligne du tracé choisi, ou, en d'autres termes, que ce tracé une fois adopté par des raisons économiques, la nature de la construction se trouve imposée.

Le bassin de Vienne représente un terrain fortement accidenté, bas à partir du canal du Danube jusqu'aux bords de la basse Vienne, montant ensuite vers la haute Vienne pour s'élever considérablement vers la Guertel-Strasse (boulevards extérieurs).

La différence de niveau entre le centre de la ville et les boulevards extérieurs s'élève à environ 32 pieds, soit à peu près 10m,30.

Donc, pour rendre un chemin de fer métropolitain exploitable dans de bonnes conditions, c'est-à-dire pour éviter l'emploi des rampes et de fortes courbes ainsi que les passages à niveau, il faut conduire le tracé vers les points bas, les deux premières sections au-dessus et la troisième au-dessous du sol naturel : c'est-à-dire qu'il faut construire les lignes reliant la gare de François-Joseph et longeant le canal du Danube et les bords de la Vienne, jusqu'à l'abattoir, comme chemin de fer aérien, et la ligne allant de l'abattoir retour à la gare de François-Joseph comme chemin de fer souterrain, soit par des tunnels, soit par des tranchées dans les terrains, si l'on veut atteindre le but auquel ce chemin de fer est destiné.

Le projet de la Société de construction viennoise (Wiener-Bau-Gesellschaft), ainsi que les autres anciens projets, traitent le chemin de fer comme souterrain, ce qui, entre autres difficultés, conduit à la nécessité d'admettre des rampes de $\frac{1}{20}$, au minimum de $\frac{1}{50}$ pour pouvoir monter au niveau des boulevards extérieurs (Guertel-Strasse) et des diverses gares de Vienne.

Les distances nécessaires pour le développement des lignes formant cette communication occasionneraient en plus de nombreux passages à niveau.

En dehors de cette considération que la construction d'un chemin de fer souterrain à Vienne présenterait autant d'inconvénients que de dépenses, et, qu'en effet, son exécution ne peut pas être prise en

sérieuse considération, l'exploitation d'une pareille ligne occasionnerait des sommes tellement exagérées, qu'on ne pourrait descendre à une réduction suffisante du prix de transport, ce qui compromettrait l'augmentation du trafic et même la stabilité de l'entreprise.

L'établissement d'un chemin de fer souterrain à Vienne offrirait du reste les difficultés les plus extraordinaires, car, à cause du relief accidenté de la ville de Vienne, il faudrait que les lignes d'un pareil chemin de fer, pour ne pas monter des rampes trop fortes, fussent placées à une profondeur au-dessous du niveau de la ville tellement considérable, que les avantages obtenus par l'emploi de la vapeur seraient presque complètement annulés par les pertes de temps, ainsi que par les efforts imposés au public pour la descente et la montée d'escaliers de 12 à 14 mètres.

Il est du reste un fait connu généralement, que le sol de Vienne dans sa plus grande étendue se compose jusqu'à 15 mètres de profondeur de loess et de gravier, terrain d'infiltrations qui a été imbibé entièrement à cause de la suppression presque complète des puits de la ville.

Il serait ensuite tout à fait impossible de prévoir les constructions souterraines, ainsi que les niveaux et les situations dans lesquelles on les rencontrerait, car une grande partie des égouts de Vienne est tellement compliquée et si peu connue, que leur recherche et leurs déplacements ne pourraient être faits qu'avec de grandes difficultés, d'immenses frais et des inconvénients sans nombre.

En observateur désintéressé, on ne pourra jamais croire à tous les devis des frais d'une ligne pareille, avant qu'on en ait obtenu une indication exacte par l'exécution d'une section d'essai, qui donnera le prix du kilomètre courant, car toutes ces promesses ne peuvent avoir de valeur aux yeux d'une personne compétente.

Sans même tenir compte des arguments que nous venons de présenter, il faudrait pourtant protester contre un système souterrain à Vienne, parce qu'il serait préjudiciable à un système plus hygiénique et plus rationnel.

Enfin, on doit aussi penser à tous ceux qui veulent profiter de ce chemin de fer, car chacun préférera, sans aucun doute, faire le voyage en plein air et en présence d'un paysage attrayant, que de parcourir sa route au fond du sol, à travers l'obscurité ou dans des tranchées entourées de murs bruyants.

Chacun de ceux qui ont eu le plaisir de fréquenter le Métropolitain-Railway, à Londres, qui est du reste un vrai chef-d'œuvre, doit avouer, qu'il n'est pas un des moyens de communication les plus agréables. Le célèbre constructeur du Métropolitain-Railway, Fowler, dont M. Fogerty a été collaborateur, déclare même franchement que si aujourd'hui il avait à construire encore un chemin de fer métropolitain, il se servirait du système aérien en raison des expériences qui ont été faites depuis à New-York et dans d'autres capitales du continent européen.

Ce sont non seulement des raisons financières, mais aussi les grands intérêts du trafic qui parlent en faveur du projet proposé pour Vienne. Comme au point de vue économique il est toujours à souhaiter que le chemin de fer soit très fréquenté, ce motif doit également conduire à adopter un chemin de fer aérien plutôt qu'une voie souterraine.

A Liverpool et à Rotterdam existent aujourd'hui des chemins de fer aériens en fer; pour Philadelphie deux sont projetés.

Même à New-York, qui est actuellement parcourue par quatre chemins de fer aériens, dont la construction est loin d'être élégante, et qui passent si près des maisons qu'on pourrait les atteindre avec la main, tous les embarras prédits ne se sont pas réalisés.

Si nous considérons le tracé du chemin de fer de ceinture à Vienne, là où il doit former une ligne aérienne, il faut convenir qu'eu égard à la configuration exceptionnellement heureuse de notre ville, ce tracé paraît être la solution la plus naturelle et la plus juste avec l'avantage de ne s'approcher nullement des maisons, comme c'est le cas à New-York. Mais l'avantage principal d'un chemin de fer métropolitain sur viaducs métalliques c'est la grande facilité qui en résulte pour la transformation des lignes sans encombrement du service. Si des changements de construction deviennent nécessaires, comme cela arrive quelquefois dans le développement des villes, un chemin de fer métropolitain construit en fer est la meilleure solution de ce problème, parce qu'il ne pourra en aucune façon porter préjudice à la transformation de la ville.

Un des motifs d'animosité du conseil municipal de Vienne contre ce projet, était la crainte qu'il ne portât préjudice à la régularisation de la Vienne; mais on est complètement revenu sur ce point, en se rendant compte qu'il ne pourrait, au contraire, que faciliter et favoriser l'exécution de ce projet.

Quelle importance n'aurait pas ce projet, pour le service des postes, si la distribution locale et de transit avait lieu douze fois par jour en remplaçant le service très insuffisant qui a lieu aujourd'hui?

Cette amélioration fait partie des propositions contenues dans le projet Fogerty, et produirait une grande économie dans le budget de l'administration des postes.

Pour compléter mon aperçu, permettez-moi, Messieurs, de vous citer un extrait du journal *le Times*, qui traitait et résumait la haute importance que possède ce chemin de fer au point de vue stratégique :

« Vienne sera alors reliée directement et indirectement avec tous les chemins de fer Austro-Hongrois.

« Ce qui concilia le projet avec l'autorité militaire, c'est la haute importance offerte par ce chemin de fer dans les questions stratégiques, non seulement pour la capitale, mais aussi pour tout l'Empire.

« Il est prouvé par les dernières grandes guerres en Europe que la tactique moderne dirige, à la suite de la première grande victoire, le conquérant directement vers la capitale de l'ennemi, et la seule sécurité pour celui-ci est un système de chemins de fer qui facilite un reflux immédiat de toutes les forces de l'armée, éparpillée dans le pays, vers la capitale en danger.

« La position stratégique de Vienne, dépôt central d'une organisation militaire très développée, gagnera de nouvelles forces.

« L'arsenal et les dépôts militaires, jusqu'à présent isolés à Vienne de presque tous les autres établissements militaires situés en dehors de la ville, seront reliés entre eux et avec toutes les lignes aboutissant à Vienne.

« Cela évitera aux troupes la marche fatigante à travers la ville d'une gare à l'autre, et la population sera non seulement garantie contre les difficultés et les encombrements des voies publiques, inévitables lors du passage des grands cortèges militaires, des trains de voitures et du matériel de guerre à leur suite, mais aussi des ennuis des billets de logements imposés à la population.

« La nécessité de cette charge publique cessera, du moment que l'on aura les moyens de transporter les troupes directement et sans changement de voiture.

« Les forteresses, ni les fortifications, ni la bravoure personnelle ou les sacrifices patriotiques ne constituent une défense comparable à

une concentration rapide des troupes; et l'existence et la chute d'une ville dépendent dorénavant de l'existence ou du manque de moyens suffisants pour diriger de nouvelles troupes sur les points d'attaque avec plus de rapidité que les assiégeants ne peuvent le faire. »

Avant d'entrer dans la description technique du projet en question, permettez-moi de vous dire quelques mots sur le côté financier et économique de cette entreprise.

La prudence du conseil municipal basait ses antipathies sur la possibilité d'une insuffisance des capitaux nécessaires à la construction; sur le rendement douteux de l'entreprise, et manifestait la crainte que dans l'avenir ce chemin de fer ne devînt, une fois aux mains de la ville, une charge considérable pour la population.

La question de l'insuffisance des capitaux est réglée d'avance par les garanties demandées par le gouvernement pour chaque concession; car la caution correspondant au capital donne une garantie suffisante pour qu'une interruption des travaux ne puisse avoir lieu.

Ajoutons qu'au terme de la durée de la concession, la valeur du chemin de fer, calculée d'après un certain taux d'amortissement en 90 ans, constituera un don magnifique, en rentrant dans la propriété de l'État ou peut-être dans celle de la ville.

Parlons maintenant de cette crainte d'insuffisance de rendement qui pourrait occasionner un état de souffrance à ce chemin de fer, et qui me semble être d'une grande importance, quoique les capitaux autrichiens n'y sont point engagés.

Je crois que cette observation peut être interprétée d'une manière particulièrement favorable au projet Fogerty, car ceux qui émettent ces craintes mettent, à tort, en parallèle le capital anglais et le capital autrichien.

Le capital anglais, comme on le sait, existe en telle abondance, qu'il peut se contenter d'un intérêt beaucoup plus modeste que celui de l'Autriche; ce dernier, qui ne se trouve pas dans les mêmes conditions, est par suite plus cher que le capital anglais.

Chacun sait que l'Angleterre a placé pendant l'année dernière plus de 4 milliards de francs dans différentes entreprises de l'Europe et des colonies, qui ont apportés un intérêt très satisfaisant.

Le travail, élaboré par M. Engelhardt, staticien des chemins de fer

autrichien, basé sur le trafic actuel des omnibus, tramways et du service local des chemins de fer à Vienne, prouve d'une manière absolue que dans la première année, avec un capital de 125,000,000 de francs, qui est beaucoup plus élevé que celui estimé pour la construction du chemin de fer métropolitain, le dividende a été de 4,9 pour 100, qui, en admettant la base de l'accroissement annuel du trafic des chemins de fer métropolitain à Londres et à New-York, montera certainement à 10 pour 100 dans cinq ans, et deviendra finalement 12 1/2 à 15 pour 100.

La construction des chemins de fer aériens dans des villes comme Vienne et New-York revient à peu près à 1/3 des frais du chemin de fer souterrain métropolitain de Londres, et c'est encore une des raisons pour l'adoption du système Fogerty.

Le contingent principal des adversaires du projet Fogerty se rencontrait dans le nombre des artistes qui donnaient leur vote au point de vue esthétique. L'art a deux missions différentes : celle de représenter le sujet idéal sous une forme visible, ou de copier la nature, comme le font le peintre et le sculpteur.

Il est évident qu'on ne peut demander à un chemin de fer de représenter une œuvre d'art dans ce sens, et cela ne peut être notre but aujourd'hui; nous avons en vue seulement le côté de l'art qui a pour objet d'embellir l'utile, c'est-à-dire d'imprimer le style du temps aux constructions engendrées par les besoins modernes de notre siècle, en d'autres termes, l'art doit savoir embellir l'utile, sans le rendre impossible, sinon il devra abdiquer et renoncer à poursuivre ce but. Cela est bien prouvé par les grandes constructions profanes de tous les pays, ainsi que par l'esprit qui se dénote dans le vote de nos architectes les plus célèbres, comme Hansen, Schmidt, Hasenauer et Ferstel. Il ne faut pas oublier de nommer ces adversaires qui voient dans l'exécution du projet aérien deux raisons de moins-value pour leurs immeubles. Toutes les expériences faites à ce sujet, prouvent au contraire qu'une œuvre de ce genre n'est pas une cause de dépréciation pour les constructions avoisinantes.

A Londres, comme j'ai déjà eu l'honneur de le dire, les plus grands quartiers ont été créés à la suite de la construction et du développement du Métropolitain-Railway. Kensington, par exemple, que nous admirons aujourd'hui, au nombre des villes très importantes, ne doit en réalité sa puissance qu'à ce chemin de fer.

L'exemple le plus surprenant nous est cependant offert par New-

York. A New-York, le chemin de fer aérien traverse la ville suivant quatre lignes parallèles. Les parties situées dans les environs du Central-Park, consistant autrefois en jardins et terrains à construire, se sont transformées, depuis quelques années, en proportion directe avec le développement du chemin de fer et forment aujourd'hui des banlieues considérables.

On cite une maison de commerce qui comptait toujours ses revenus par des millions de dollars, et qui, depuis que le chemin de fer aérien passe près de ses établissements, c'est-à-dire cinq à six ans, a triplé ses bénéfices.

Il est presque inutile de vous rappeler, Messieurs, qu'à Paris même, la gare de Vincennes, sur la place de la Bastille, est entourée d'une foule de bâtiments et de boulevards splendides qui n'existaient pas encore il y a dix ans, et c'est pourtant la partie où le chemin de fer est sur viaduc.

A Vienne aussi, le long du chemin de fer de communication actuel, qui ne répond nullement aux exigences du style, se créent une multitude de rues composées de grandes et belles maisons, qui cependant n'étaient pas destinées à rester inhabitées.

Une des suppositions les plus répandues était celle-ci, que le chemin de fer métropolitain porterait préjudice aux moyens de communication existants, particulièrement aux tramways, par la concurrence qui pourrait en résulter; mais la Compagnie des Tramways elle-même s'est déclarée en faveur du projet Fogerty, en reconnaissant fort justement l'avantage qui résulterait pour ses lignes, d'une combinaison faite de commun accord avec le chemin de fer.

En effet, nous trouverons les meilleures preuves dans les villes où existent ces deux systèmes de communication. C'est New-York qui prouve le plus clairement la vérité de ce que nous venons de dire, car New-York possède le système le plus développé de tramways, et parce que les quatre lignes du chemin de fer aérien suivent la même direction que les tramways. L'Elevated-Railway, ouvert à New-York en 1875, dont le parcours se confond en grande partie avec le trajet du tramway, n'a pas empêché ce dernier d'obtenir les résultats suivants. Il expédiait en :

1875.	0.91	millions de voyageurs.
1876.	2.02	millions —
1877.	3.150	millions —

Après avoir essayé de vous présenter un certain nombre des considérations qui constituent la partie générale et économique de l'entreprise, permettez-moi, Messieurs, d'ajouter encore un résumé du côté technique que vous saisirez plus facilement sur les plans exposés, que M. Fogerty a bien voulu mettre à ma disposition.

Le chemin de fer métropolitain ou de ceinture se compose de la ligne circulaire et des six embranchements communiquant avec les grandes gares de Vienne et qui ne doivent nullement encombrer le trafic des voies publiques.

Par conséquent les lignes sont projetées à une hauteur au-dessus du sol suffisante pour ne croiser aucune rue à niveau; elles passent toujours au-dessus ou au-dessous de ces rues.

Le chemin de fer est projeté sur des arcades en pierre depuis la halte de la rue de Nussdorf jusqu'à celle de Liechtenstein; de cette dernière, la ligne continue sur des viaducs métalliques fort élégants par la place d'Althan au pont de Brigitta, et de là le long des talus du canal du Danube au pont d'Aspern.

Du pont d'Aspern, la voie traverse perpendiculairement le canal du Danube jusqu'à la Ringstrasse, gravit les talus de la Vienne pour contourner la Guertelstrasse derrière l'abattoir de Gumpendorf.

Après avoir passé l'octroi de Gumpendorf, elle coupe le terrain de la Guertelstrasse.

En partant de là, elle contourne la ville jusqu'à l'octroi de Waehring, pour fermer le cercle près de la halte de la rue de Nussdorf.

Le chemin de fer est construit sur des viaducs d'une hauteur de 4^{m},50 à 5 mètres au-dessus du niveau du sol, à partir de la rue de Nussdorf, en passant les ponts de Brigitta et d'Aspern jusqu'au delà de l'octroi de Gumpendorf.

Il franchit pendant ce trajet toutes les rues de croisement.

Les embranchements vers les gares sont également projetés sur des viaducs en fer et se réunissent aux lignes de chemins de fer existantes, de façon qu'un service de trains continus puisse être fait au moyen des embranchements par les grandes compagnies de chemins de fer.

La situation du chemin de fer de ceinture est telle, qu'il occupe dans la ville le moins de terrain possible, celui qui est précisément vague et inculte, les talus du canal du Danube et de la Vienne.

Des gares et stations sont placées à tous les croisements du trafic, ainsi qu'aux ponts du canal du Danube et de la Vienne, et à la ren-

contre des lignes existantes ; pour éviter autant que possible tout encombrement des rues, les stations sont situées sur les viaducs mêmes ou dans des tranchées.

La position élevée du chemin de fer métropolitain, à partir de la rue de Nussdorf, en longeant le canal du Danube et la Vienne jusque derrière l'octroi de Gumpendorf, est motivée par la nécessité de construire des ponts pour traverser le canal du Danube et pour atteindre les lignes de la Compagnie du Nord et celle du Nord-Ouest, ainsi que pour le passage de la Vienne, et enfin pour relier le chemin de ceinture au moyen du chemin de fer de communication actuel, avec le chemin de fer du Sud.

En choisissant ce tracé, on a pris soin d'éviter autant que possible les terrains bâtis et de faire passer le chemin de fer de préférence sur les terrains libres, ce qui explique sa situation le long des talus du canal du Danube et de la Vienne.

Si l'on désire laisser intact le lit de la Vienne pour ne pas entraver une régularisation future, il n'y a aucune difficulté à déplacer le tracé du chemin de fer des talus de la Vienne de manière à ne porter aucun préjudice aux dispositions à prendre en vue d'une régularisation quelconque du lit de cette rivière.

La communication avec le chemin de fer d'Aspang donnera, en outre, la facilité de diriger les transports funèbres provenant des faubourgs et de la banlieue par le chemin de fer de ceinture, ce qui procurera à la population une réduction considérable des frais d'enterrement et épargnera aux habitants du troisième arrondissement et à ceux de Simmering la vue du passage des nombreux convois.

On projette pour le chemin de fer, de même que pour le tramway, un service régulier dans les deux directions. Les trains doivent se suivre sur les deux voies principales à de courts intervalles de 4 à 5 minutes.

A l'aide des 19 stations, le public pourra faire promptement le tour de la ville, se rendre dans les faubourgs et la banlieue, ainsi que de faubourg à faubourg et de banlieue à banlieue.

En admettant un arrêt dans les stations d'une demi-minute, le cercle de 13 kilomètres sera parcouru en 38 minutes.

Les tramways parcourent les boulevards, sur une étendue de 5^{k},200 en 40 minutes environ.

Le chemin de fer parcourra donc sa ligne, qui est deux fois et demie plus longue que celle du tramway, en 38 minutes.

Il reliera les parties de la ville les plus éloignées, ainsi que les faubourgs Leopoldstadt et Mariahilf, Lerchenfeld et Hernals plus rapidement que le tramway n'est en mesure de le faire.

C'est ainsi que le chemin de fer de ceinture aura l'avantage d'une communication plus rapide et plus économique que tous les autres moyens de transport.

De même que la population se sert aujourd'hui des tramways, elle profitera du moyen de communication plus grandiose du chemin de fer de ceinture pour franchir les grandes distances.

Les lignes suivantes s'embranchent vers toutes les grandes gares de Vienne :

De la station *Liechtenstein* vers la gare du chemin de fer François-Joseph, avec une halte de correspondance à *Doebling* (banlieue).

De la station *Rossau* vers les chemins de fer du *Nord-Ouest* et du *Nord*.

De la station *Pont-d'Aspern*, en profitant des lignes du chemin de fer de communication existant, à la station *Rothenstern* et à la *gare du Nord*.

De la station *Pont-d'Aspern* par le chemin de fer de communication vers la gare du chemin de fer, à *Aspang*, avec embranchement au *cimetière central*, et, plus loin, aux chemins de fer de l'*Etat et du Sud*.

De la station *Abbattoir à Gumpendorf*, vers la station du *Pont Lobkowitz*, et embranchement vers la station *Penzing* du chemin de fer *Elisabeth*, et enfin de la station *Pont-de-Lobkowitz* en passant la station de *Schœnbrunn*, et en traversant la rue de Schœnbrunn, dans les environs du Palais impérial par un tunnel, jusqu'à la *gare de Hietzing*, près du pont sur la Vienne.

Au moyen de ces embranchements, le chemin de fer de ceinture sera relié avec tous les chemins de fer partant de Vienne et formera en même temps entre eux une communication très avantageuse.

Le même service régulier du tramway, qui a lieu de la Ring strasse (boulevards) vers les faubourgs, sera adopté pour les embranchements aux stations de la ceinture.

Ainsi, le public pourra, en profitant des 19 stations et des 6 embran-

chements, se rendre directement par les trains des grandes compagnies dans les environs de Vienne, en partant d'une des 25 stations du chemin de fer métropolitain. Chacune des grandes compagnies augmentera donc son réseau de 25 stations situées dans le centre de Vienne, qui, tout en diminuant considérablement le prix de transport vers les grandes gares, aideront à augmenter la vitesse des trajets.

La gare centrale, projetée pour le quai de François-Joseph, offrira un autre avantage. Tous les trains de départ ou d'arrivée provenant des grandes compagnies passeront par cette gare. Dans ce but, elle sera munie de tous les aménagements nécessaires pour faciliter l'expédition des voyageurs par les trains directs dans toutes les directions, et par cette mesure le public n'aura plus à faire les trajets incommodes et désagréables d'une gare à l'autre ou jusqu'à une gare, ce qui répond à un besoin réel reconnu par tout le monde. Des gares centrales semblables existent à Londres et donnent au public de grandes facilités.

Le seul endroit possible à Vienne pour l'établissement de cette gare est le quai de François-Joseph, car c'est là seulement qu'on peut trouver les terrains nécessaires, et c'est en même temps le centre des affaires. Il est vrai qu'une partie d'un parc qui s'y trouve actuellement doit disparaître pour faire place aux bâtiments. Mais on n'enlèverait à la ville qu'un terrain fort insignifiant, et qui lui serait rendu dans sa plus grande valeur par un bâtiment ouvert des deux côtés, muni d'une couverture transparente, qui pourrait servir comme marché aux fleurs, aux fruits et aux poissons, et pour former des jardins d'enfants.

La gare, soutenue par des colonnes, se trouvera au premier étage du bâtiment, et le terrain ne sera occupé que par l'emplacement des colonnes. Au centre de cette gare se trouvera un bâtiment unique servant aux bureaux et autres aménagements nécessaires au rez-de-chaussée.

Par conséquent, le terrain, situé entre le pont d'Aspern et la gare centrale, ainsi qu'entre cette dernière et le pont de Stéphanie projeté, serait rendu à son utilisation actuelle ou à quelque autre.

Les deux parties du terrain devant et derrière la gare seront suffisamment aérées et éclairées pour permettre l'installation de squares et de marchés.

La partie couverte de cette gare s'élève à 7,000 mètres carrés

environ; elle sera soutenue par des colonnes en fer de 6 mètres de hauteur; la partie centrale de la gare, environ 1,300 mètres carrés, fournirait un bâtiment massif qui serait utilisé pour l'installation des bureaux, des cages d'escaliers et ascenseurs, des emplacements servant à la poste et au télégraphe, aux employés de la police, des salles d'attente, des cabinets de sauvetage, etc., etc., etc.

L'entrée de la gare centrale sera du côté du quai de François-Joseph et du bord du canal du Danube, pour faciliter le transbordement direct des voyageurs venant des bateaux et s'y rendant.

Le plan de la gare centrale montre le peu de place nécessaire à sa construction; par suite elle ne gênera nullement le public, mais elle sera au contraire d'un grand agrément pour lui, et formera une œuvre monumentale au point de vue de l'art.

L'espace recouvert par la plate-forme et réservé au public, aura une longueur de 281 mètres sur 45 mètres de largeur, et représentera par conséquent une surface de 9,330 mètres carrés.

L'accès aux quais sera ménagé par de nombreux escaliers et ascenseurs.

La gare centrale sera installée, en outre du service des voyageurs, pour le transport des bagages et marchandises de grande vitesse, y compris les équipages et chiens. Un agrément spécial sera offert au public par les deux stations de Prater strasse et de Hietzing; 24 stations du chemin de fer métropolitain seront en communication avec ces deux gares.

De toutes les stations situées autour du centre de la ville de Vienne, on pourra atteindre le Prater strasse en huit ou dix minutes; des stations les plus éloignées et de la banlieue en une vingtaine de minutes environ. On arrivera à Hietzing, même des endroits les plus éloignés, en vingt ou vingt-cinq minutes.

La facilité avec laquelle un chemin de fer à double voie peut transporter de grandes masses en peu de temps et la certitude de trouver toujours une place, permettront à des milliers de personnes qui, maintenant, sont privées du bonheur de jouir des verdures magnifiques du Prater ou de l'air rafraîchissant du parc de Schœnbrunn de se rendre rapidement et à bon marché dans ces différentes promenades.

L'établissement du chemin de fer de ceinture nécessitera un capital

de 50 millions de florins, soit environ 104 millions de francs, qui sera dépensé pour sa plus grande partie à Vienne.

Des milliers de bras trouveront un emploi lucratif pendant plusieurs années ; le chemin de fer terminé sera tout à fait indispensable à toutes les personnes qui n'ont pas les moyens de se procurer un autre moyen de communication rapide. De plus, le chemin de fer, avec des prix minimes, économisera le temps et l'argent de la population pauvre.

Le chemin de fer sera construit d'après toutes les données acquises jusqu'à présent dans le système des chemins de fer métropolitains ; la voie et les voitures offriront au public ce qui existe aujourd'hui de plus perfectionné.

Il n'y a pas à se préoccuper du bruit causé par les trains traversant les rues, car la construction du chemin de fer sera faite suivant l'expérience acquise dans le développement de l'art technique, et on a le droit d'affirmer que le mouvement d'un train causera moins de bruit que le fracas d'une voiture de camionnage résonnant sur le pavé de granit.

La question de la traction des trains sur le chemin de fer métropolitain de Vienne a été une cause principale de préoccupation pour les promoteurs de l'entreprise.

L'ingénieur Fogerty et ses collaborateurs devaient naturellement rechercher un moyen de locomotion puissant, sans bruit, sans fumée, économique, pratique et sans danger.

L'attention des ingénieurs fut donc portée sur les moteurs électriques, les machines à air comprimé et les locomotives à eau chaude ou sans foyer.

Il était facile de se rendre compte des premiers à Berlin, à l'Exposition d'électricité de Paris et aux États-Unis.

Les machines à air comprimé étaient représentées à Londres par le système du colonel Beaumont et à Nantes par le système très ingénieux de M. Mékarski.

La locomotive sans foyer est en application depuis plus de quatre années sur la ligne de Rueil à Marly-le-Roi, près Paris, où elle est

connue sous le nom du système Francq ; son principe a été utilisé sur le canal de l'Est pour franchir le souterrain de Mauvages.

Après une étude approfondie de la question, c'est au système Francq qu'on s'est arrêté.

La locomotive sans foyer a été jugée en effet, par le Comité des ingénieurs, comme réunissant au point de vue théorique et pratique la plus grande somme d'avantages.

Des expériences faites, il est résulté qu'en rampe à forte déclivité (0^m,060) et sur une grande longueur cette machine ne montre aucune hésitation.

Avec 2,500 litres d'eau chauffée à 200 degrés, elle produit un parcours horizontal de 20 kilomètres, sur un profil réunissant une montée totale de près de 100 mètres, avec un poids moyen de train *de* 30 *tonnes*, y compris la locomotive qui pèse 10 *tonnes en charge* environ.

L'opération d'alimentation de la vapeur se fait rapidement et simplement. Cette alimentation nécessite une installation fixe de peu d'importance, puisque entre les appareils producteurs de vapeur et les locomotives, il n'y a aucune machine ou appareil intermédiaire, ce qui constitue toujours une perte de la puissance initiale, une dépense supplémentaire d'entretien, de personnel, d'intérêt et d'amortissement de capital.

La vapeur peut être produite en grandes masses à bon marché ; le bruit de l'alimentation de la vapeur est à peine sensible, la durée peut être très courte parce qu'elle est en raison inverse du nombre des machines et que la puissance de vaporisation des chaudières doit être proportionnelle.

On a pu se rendre compte d'ailleurs que la conduite des locomotives se fait simplement et facilement. Il y a très peu de dépenses de réparations. (*Ceci est un point frappant du système.*) Il n'y a ni bruit, ni odeur, ni flammèches, pas de suie, pas de cendres, d'escarbilles ; les dangers d'incendie ou d'explosion ne sont plus possibles.

Les joints se tiennent bien et les ouvriers les entretiennent facilement. A cause de tous les avantages énumérés ici sommairement, la locomotive sans foyer a été adoptée de préférence, pour donner satisfaction à la population de Vienne et aux autorités de l'Autriche qui l'ont vu fonctionner et l'ont accueillie avec faveur, en 1879, sur les tramways de Vienne et également pour réaliser une économie dans la traction.

Il restait cependant un point important à examiner.

Était-il possible de créer une machine capable de remorquer, par exemple, un train de 100 tonnes dans des conditions d'exploitation du métropolitain de Londres ?

La réponse fut donnée par l'expérience faite sur le canal de l'Est, où, dans le souterrain de Mauvages, un bateau toueur, développant 18 à 20 chevaux-vapeur pendant cinq heures environ, ne reçoit son action que des récipients à eau chaude, qui sont en réalité peu volumineux.

A côté de l'étude faite par les ingénieurs anglais, je peux citer l'étude que firent les ingénieurs de la maison Cail pour la traction du métropolitain projeté depuis longtemps dans Paris. Cette étude, pour un parcours de 20 kilomètres à peu près, a produit une machine pesant 23 tonnes à vide et 36 tonnes en charge. Le mouvement est combiné de manière à opérer un démarrage très énergique, sur un poids total de 100 tonnes. La locomotive comporte des appareils de condensation pour réduire la vapeur d'échappement et rejeter la faible quantité qui reste aussi peu saturée que possible au sommet de la voûte. Nous avons appris que cette étude vient d'être reprise et qu'elle va subir de grandes améliorations.

L'entreprise du métropolitain de Vienne, après avoir fixé son choix sur la locomotive sans foyer, poursuit également, d'accord avec l'inventeur, un type de machine spécial pour son service. La production de la vapeur se fera, autant que possible, en un seul point. Le trajet maximum de chaque locomotive sera de 16 kilomètres environ, avec le même approvisionnement de vapeur. La vitesse en marche sera poussée aussi loin qu'on le pourra ; les démarrages s'opéreront promptement. La condensation de la vapeur se fera dans des appareils tubulaires à circulation d'air. L'air chaud se mêlera avec la vapeur d'échappement en excès, afin d'accélérer l'ascension de celle-ci dans l'atmosphère. On pourrait renoncer à la condensation par l'eau froide, pour ne pas compliquer la machine ; puis parce qu'il résulte de l'expérience faite au métropolitain de Londres, que la condensation incomplète obtenue par l'eau froide, a produit un dégagement de vapeur saturée dont les inconvénients étaient plus grands que ceux que pouvait donner l'échappement libre.

Il faut ajouter que les machinistes peuvent être placés tout à fait à

l'avant de la machine, et qu'il est question d'appliquer une disposition toute particulière d'essieux radiaux.

En résumé, le chemin de fer métropolitain de Vienne recevra comme moyen de traction des locomotives qui réuniront les conditions de salubrité, de propreté, de sécurité que l'on exige dans une capitale comme Vienne.

Ces machines seront d'une grande puissance, sous un poids et un volume moindres que les machines ordinaires qui sont actuellement en service à Londres.

Leur parcours atteindra facilement 20 kilomètres; les dépenses de premier établissement et d'exploitation seront réduites au minimum.

J'éviterai de vous dire, Messieurs, en quoi consiste le système que vous connaissez, puisque c'est en France qu'il a reçu ses premières applications sérieuses, et que les ingénieurs qui l'ont produit sont membres de la Société.

La construction du chemin de fer métropolitain est évalué à trois années.

Aucun sacrifice pécuniaire ne sera réclamé à la ville, on ne lui demande que d'accorder son consentement pour la réalisation de cette entreprise, reconnue d'un intérêt public, qui, en facilitant dans l'avenir un transport à bon marché à la population entière, formera déjà durant sa construction, ainsi que plus tard dans l'exploitation, un élément économique puissant, en assurant un travail lucratif à des milliers d'ouvriers.

Temps de parcours sur la voie principale et ses embranchements.

Le tableau I, indique le temps en minutes et fractions de minutes, qui sera nécessaire, pour atteindre les différentes stations du chemin de ceinture projeté.

La colonne marquée A indique ce temps entre une de ces stations et la suivante.

Les deux autres colonnes, marquées A *gauche* et A *droite*, donnent les temps de parcours de la gare centrale jusqu'à une gare quelconque; ce temps est naturellement différent suivant le train qu'on prend, et suivant que l'on fait le tour de la ville dans une des deux directions, à gauche ou à droite.

Ainsi, par exemple, on pourra arriver de la gare centrale au pont de Schwarzenberg, dans 31 29/100 minutes tandis qu'un train allant en sens inverse ne mettra 7 32/100 minutes, pour arriver au même but.

I. — *Voie principale annulaire.*

TEMPS DE PARCOURS EN MINUTES — DIRECTION			
DÉSIGNATION	A	A GAUCHE	A DROITE
Gare centrale	0	0	38.61
Pont Ferdinand	2.55	2.55	36.06
Pont d'Aspern	1.35	3.90	34.71
Pont de Tegethoff	2.31	6.21	32.40
Pont de Schwarzenberg	1.11	7.32	31.29
Gétrede Markt	2.22	9.54	29.07
Pont Rodolphe	2.22	11.76	26.85
Pont Pilgram	2.10	13.86	24.75
Pont Neville	1.86	15.72	22.89
Abattoir	1.38	17.10	21.51
Octroi de Gumpendorf	1.89	18.99	19.62
Octroi de Mariahilf	1.44	20.43	18.18
Octroi de Westbahn	1.98	22.41	16.20
Octroi de Lerchenfeld	2.28	24.69	13.92
Octroi Hernals	2.04	26.73	11.88
Octroi Waehring	4.05	30.78	7.83
Rue de Nussdorf	1.32	32.10	6.51
Station Liechtenstein	1.74	33.84	4.77
Station Rossau	2.43	36.27	2.34
Gare centrale	2.34	38.61	0

II. — *Embranchement chemin de fer Francois-Joseph.*

Rossau à Doebling . . . . . 6 3 minutes.
Liechtenstein à Doebling . . . . . 3.9 —

III. — *Embranchement chemin de fer Elisabeth-Est.*

Octroi de Gumpendorf au pont Lobkowitz. . . .	3.9	minutes.
Abattoir à pont Lobkowitz.	3.6	—
— Station Penzing.	10.1	—

IV. — *Embranchement Hietzing.*

Abattoir au pont Lobkowitz.	3.9	minutes.
— à Schœnbrunn.	6.6	—
— à Hietzing.	9.7	—

V. — *Embranchement au chemin de fer du Sud.*

Abattoir à Hundsthurm	3.0	minutes.
— à Meidling.	5.8	—
Pont de Neville à Meidling.	6.2	—

VI. — *Embranchement au chemin de fer du Nord.*

Pont d'Aspern au Praterstern.	3.7	minutes.
— de Ferdinand —	4.2	—
— — à la Gare du Nord.	4.9	—

VII. — *Embranchement au chemin de fer de communication.*

Pont d'Aspern à la gare du chemin de fer d'Aspang.	6.6	minutes.
— — Meidling. .	20.0	—
— — de l'État Autrichien.	8.0	—

VIII. — *Embranchement au chemin de fer du Nord-Ouest.*

Station Rossau à la gare de Nord-Ouest.	5.5	minutes.

Avant de terminer, permettez-moi, Messieurs, de vous donner quelques renseignements sur le chemin de fer métropolitain de Berlin, qui vient d'être inauguré, il y a six semaines.

Les avantages offerts par cette grande entreprise, qui a été exécutée par l'initiative de l'État, peuvent être résumés dans les trois points suivants :

a). La nouvelle ligne forme une communication entre les chemins de fer arrivant à Berlin, de l'Est et de l'Ouest, et créent un trafic direct dans ces directions.

b). Le chemin de fer métropolitain avec ses quatre voies a une importance stratégique de plus haute valeur, en servant à accélérer le transport des grands corps d'armée, et en rendant possible le déplacement immédiat des troupes stationnant à Berlin, nécessaire dans les intérêts de la discipline.

c). Il forme un moyen puissant de communication pour la ville et la banlieue; ainsi, le jour de son inauguration, le 7 février, il a été fréquenté par 67,000 voyageurs.

Quand on s'imagine la passion bien connue de tous habitants de la ville pour l'air frais de la campagne, et les verdures de ses bois, on se rendra compte, qu'un beau dimanche d'été ce nombre immense de voyageurs sera facilement doublé.

Pour revenir aux intérêts de Vienne, il me faut ajouter qu'une commission spéciale, élue parmi les membres du conseil municipal, a été chargée d'étudier à fond le projet de Fogerty, et le président et les membres de cette Commission ont voté avec unanimité pour l'adoption du projet Fogerty, en rejetant tous les autres projets, comme ne répondant pas d'une manière satisfaisante aux conditions principales imposées par le programme général émis pour la construction d'un chemin de fer métropolitain.

Le conseil muncipal est occupé en ce moment à discuter le projet; pour l'accepter ou le rejeter.

Je suis ingénieur et patriote autrichien avant tout, et je ne puis croire que toute une corporation pourrait repousser une œuvre si grande et si belle, digne d'être approuvée par le suffrage universel. C'est en effet une question industrielle et économique pour l'avenir de la ville; elle apporte à l'Autriche un capital qui fructifiera pour le bien de toute sa population.

LES

CHEMINS DE FER D'INTÉRÊT LOCAL

ET

LA LOI DU 11 JUIN 1880

PAR M. AUGUSTE MOREAU.

I

Considérations générales. — Historique.

La question des chemins de fer d'intérêt local est une de celles qui s'imposent actuellement de la façon la plus urgente au monde technique et industriel; elle doit surtout préoccuper les ingénieurs civils, s'ils veulent rester ce qu'ils ont toujours été en France, les avant-coureurs de tous les grands progrès réalisés dans l'industrie nationale.

Il y a, en effet, en France presque tout, si ce n'est tout, à faire dans cette voie : on a construit ou classé successivement plusieurs réseaux ; le dernier a été entièrement absorbé par l'État ou plutôt par les ingénieurs officiels, dont la corporation devenue tout à fait inactive commençait à jouer, vis-à-vis du public, un rôle singulièrement gêné. L'État n'est en rien l'auteur de cette erreur partiale; l'État, c'est toujours quelqu'un aussi bien aujourd'hui que sous le règne de Louis XIV, avec cette différence qu'actuellement l'État c'est tout le monde, c'est-à-dire le peuple français dans son ensemble, et que, mieux éclairé sur la question, il aurait parfaitement protesté contre l'envahissement des ingénieurs du Gouvernement dans le domaine de l'industrie privée, et des chemins de fer en particulier. Il en a fourni une preuve qu'il est

certainement encore disposé à donner, le jour où l'on a lancé le premier ballon d'essai relatif au rachat des chemins de fer. On se rappelle le *tolle* général que souleva cette question et l'irritation qu'elle provoque encore aujourd'hui.

La situation s'accentua surtout en 1878, époque à laquelle M. de Freycinet livrait à l'État d'un seul coup 10,000 kilomètres à construire; le rapport ministériel du 2 janvier concluait, en effet, que le réseau d'intérêt général comprendrait :

1° Diverses lignes décidées en principe d'après les lois du 3 juillet, du 16 décembre et du 31 décembre 1875, mais non encore concédées, soit 2,897 kilomètres;

2° Un certain nombre de lignes déjà concédées comme lignes d'intérêt local, 2,100 kilomètres;

3° Enfin des lignes entièrement nouvelles à construire dans des contrées pauvres et déshéritées, méritant toute sympathie, cela est indiscutable, mais où le chemin de fer d'intérêt local eût été largement suffisant. On découvrit ainsi du coup 5,000 kilomètres.

Le total de ces trois articles donne environ 10,000 kilomètres.

En outre, les grandes compagnies ou des compagnies spéciales avaient déjà la concession de 5,751 kilomètres nouveaux.

Le réseau d'intérêt général officiel présentait donc encore 16,000 kilomètres à construire, ce qui, ajouté aux 21,000 en exploitation à l'époque, représente un total de 37,000 kilomètres.

Le ministre terminait, d'ailleurs, en disant qu'il ne fallait pas perdre de vue la seconde partie du réseau national, c'est-à-dire les *chemins de fer d'intérêt local.*

Certains esprits aventureux évaluent ce réseau à peine ébauché à 40,000 kilomètres disait-il; nous sommes de ces esprits aventureux et pensons qu'en effet le réseau des chemins de fer d'intérêt local atteindra le développement de celui des lignes d'intérêt général.

Aujourd'hui c'est chose faite, et nous possédons le classement d'un nouveau réseau composé, pour la plupart, de lignes aussi inutiles qu'improductives, et qui seront exécutées par l'État. La rubrique est l'intérêt général! Nous avons vainement cherché, nous l'avouons, où se trouve l'intérêt général pour un grand nombre de ces lignes qui n'ont même pas le caractère stratégique devant lequel tout le monde se serait incliné. Lignes d'intérêt électoral, voilà leurs vrais noms, et

c'est pourquoi les députés n'ont pas marchandé leurs votes au gouvernement quand il a cherché à réaliser le véritable fond de son programme qui était de donner de l'occupation aux siens et de planter un jalon pour l'avenir. Or, nous savons ce que c'est que l'avenir : le rachat général, l'absorption complète de tous les chemins de fer par l'État et la construction de toutes les nouvelles lignes par les services administratifs !

Il est incontestable qu'il y a beaucoup de lignes utiles à construire : les chambres de commerce et les conseils généraux en réclament depuis longtemps ; on s'en était même déjà aperçu, dès 1859, époque à laquelle les grandes compagnies signèrent avec l'État les conventions relatives à la construction d'un grand nombre de lignes nouvelles, et qui cependant, de l'aveu de tous, étaient loin de réaliser le *desideratum* cherché ; aujourd'hui on est tombé dans l'excès opposé.

La plupart des lignes classées dans les tableaux A et B de M. de Freycinet réalisent complètement le type du chemin de fer d'intérêt local ; mais, à l'origine, des lignes d'intérêt local ne paraissaient pas dignes d'attirer l'attention de l'État : on se refusait surtout complètement à admettre la voie réduite (V. la brochure de M. Krantz). Partant de là, on va construire à voie large et avec un grand matériel toutes ces lignes parmi lesquelles un grand nombre ne rapporteront souvent pas 3,000 francs par kilomètre ! Mais qu'importe ! elles sont déclarées d'intérêt général, et c'est l'État en fin de compte qui payera le déficit, c'est-à-dire tous les bons contribuables !

Il est impossible actuellement de trouver ailleurs qu'en France une distinction légale et officielle entre les chemins de fer d'intérêt général et ceux d'intérêt local.

Partout, ailleurs, c'est le bon sens, qui trompe rarement, le seul juge en pareille matière ; en France on a modifié tout cela, comme dans le *Médecin malgré lui*, et un chemin de fer est ou n'est pas d'intérêt local selon que l'administration a jugé que ses ingénieurs pouvaient ou non s'en occuper sans déchoir et qu'elle devait décider *ab jove* son classement.

Voici, en effet, l'argumentation torturée de l'exposé des motifs qui a précédé la loi du 17 juillet 1879, portant classement du réseau complémentaire des chemins de fer d'intérêt général.

« Il est difficile de déduire logiquement les motifs du classement des diverses lignes soumises aux chambres. Il n'existe aucun principe

absolu qui puisse servir de règle pour distinguer une ligne d'intérêt général, d'une ligne d'intérêt local ; c'est une question d'espèce qui se résout dans chaque cas par l'examen scrupuleux d'une foule d'éléments. On peut dire que les principaux se réduisent à quatre et qu'un chemin de fer mérite d'être reconnu d'intérêt général quand il satisfait à une ou plusieurs de ces conditions :

« 1° D'être utile à la défense du pays ; 2° d'établir une communication plus directe entre deux parties du réseau d'une certaine étendue ; 3° de rattacher un centre de quelque importance avec le système général des voies ferrées ; 4° de faciliter les relations dans un intérêt politique ou administratif. » Cette dernière surtout est un chef-d'œuvre !

La commission de la Chambre des députés ne trouva pas encore cela suffisant ; elle y ajouta trois nouvelles conditions : « En premier lieu, une ligne lui a paru répondre encore à l'intérêt général quand elle a pour résultat de desservir le parcours d'une route nationale sur les points où ce parcours ne correspond pas encore à celui d'un chemin de fer, car l'expérience a appris qu'on est successivement conduit à établir des chemins de fer suivant les anciennes communications, telles qu'elles existaient pour les routes nationales. »

Le deuxième argument est vraiment merveilleux de naïveté :

« En deuxième lieu, elle a pensé qu'il fallait comprendre dans le projet, certaines lignes destinées à faciliter l'exploitation du réseau des chemins de fer de l'État. Le Parlement, à la demande du ministre des Travaux publics, a consacré des sommes importantes à la construction de ce réseau ; il paraît nécessaire de relier les unes aux autres les lignes qui le composent, pour en assurer l'exploitation dans des conditions normales. » Tout cela est fort beau, mais nous demanderons à l'État qui l'a prié d'exploiter quelque chose ? De plus est-ce notre faute s'il exploite mal et devons-nous être les victimes de son insuffisance ?

Enfin elle a proposé « le classement de lignes dont l'établissement aura pour effet de rendre plus aisées les communications de la France avec les pays voisins et de consolider ainsi les relations commerciales qui sont la source de la richesse des nations. »

Et cela se termine par cette magnifique péroraison :

« Toutes les lignes dont la Commission a demandé le classement

dans le réseau d'intérêt général, satisfont à l'une ou à l'autre de ces conditions. »

Eh bien ! si après cette belle argumentation on ne reste pas convaincu que tous les chemins de fer possibles et imaginables ne sont pas d'intérêt général et ne tombent pas forcément dans l'une ou l'autre des conditions précédentes, c'est qu'on est vraiment difficile ! Mais au moins est-on porté à conclure qu'avec un semblable arsenal de bonnes raisons on peut faire le classement comme on le désire et que ceux qui manient de telles armes peuvent se livrer à de hautes fantaisies en restant toujours dans la légalité ! Nous savons si le cas s'est présenté !

Il n'y en a pas moins eu, et cela s'explique du reste, un certain nombre de lignes très intéressantes et très utiles complètement délaissées ; mais il faut avouer cependant que ce cas est le plus rare et que les tableaux des lignes classées d'intérêt général sont encombrés de chemins de fer d'un intérêt ridicule, et qui, comme nous le disions plus haut, n'en seront pas moins construits avec la grande voie, c'est-à-dire avec la grande dépense. Il nous reste un dernier espoir, c'est qu'ils ne seront pas construits du tout !

Au point de vue pratique, cela présente certainement l'avantage de simplifier la recherche de la définition d'un chemin de fer d'intérêt local, puisque le réseau d'intérêt général est non seulement complet, mais que les fameux tableaux A et B du projet Freycinet sont surchargés de lignes qui ne s'exécuteront probablement jamais.

Or, le réseau total de la France, les embranchements industriels exceptés, ne comprenant plus désormais que deux classes de chemins de fer, les chemins de fer d'intérêt général et ceux d'intérêt local, il en résulte que dans l'avenir toute nouvelle ligne qui ne se trouve pas classée d'intérêt général est par cela même d'intérêt local.

Cela posé, si l'on jette les regards sur une carte des chemins de fer actuellement en exploitation on voit aisément que toutes les lignes reliant, non seulement les grands centres mais même les villes secondaires, sont construites et que les 16,000 kilomètres de lignes d'intérêt général classées ne relieront que des villes de troisième et quatrième ordre, et des chefs-lieux de cantons, soit entre eux, soit à l'ancien réseau ; c'est absolument, nous le répétons, ce qu'on est convenu d'appeler des lignes d'intérêt local, et, si l'on en excepte les chemins de fer stratégiques pour lesquels il n'y a pas lieu de discuter, ce nouveau réseau aurait dû presque en entier être construit d'après les prin-

cipes des petites lignes et non pas suivant tous les errements des grandes!

Mais enfin, le mal est fait, il faut s'incliner! et dorénavant, à bien peu d'exception près, le chemin de fer d'intérêt local desservira presque exclusivement les communes d'une région en les reliant à leurs chefs-lieux de cantons. — Le produit en sera à peu près uniquement agricole et par conséquent même à voie étroite, et construits aussi économiquement possible, ces chemins n'atteindront pas de longtemps des recettes suffisantes pour couvrir leurs frais d'exploitation augmentés de l'intérêt du capital du premier établissement; l'expérience a d'ailleurs prouvé ce que nous avançons et les exemples de lignes de ce genre, actuellement en exploitation, démontrent que la recette variant de 4 à 6,000 francs le kilomètre peut être considérée comme un bon chiffre, qui n'est pas toujours atteint dans les premières années.

En résumé, l'adoption de la voie étroite et des moyens économiques qui était déjà indiquée pour bon nombre de lignes d'intérêt général est ici absolument obligatoire. Malgré cela, la ligne aura besoin d'être aidée pour vivre; c'est surtout dans le but d'assurer cette existence et de rappeler les capitaux qui s'étaient, avec assez de raison, écartés de toutes les entreprises de ce genre, que la nouvelle loi du 11 juin 1880 a été conçue et promulguée.

Nous n'insisterons pas davantage aujourd'hui sur la nécessité de la voie étroite et des réductions de dépenses qui en résultent; mais quoiqu'on ait déjà beaucoup dit sur la question, le flot d'idées erronées qui circule encore sur cette matière dans les départements et même parmi les gens qu'on pourrait croire compétents, est tellement considérable, et les objections que l'on est obligé d'écouter et qu'inspire encore presque partout la terreur de la petite voie sont si renversantes, que cette question mérite d'être reprise à fond, surtout au moment où les entreprises de ce genre tendent à se développer de tous les côtés en France; pour aujourd'hui nous nous bornerons à notre cadre qui est l'étude des principes généraux affirmés par la loi du 11 juin 1880.

La première idée d'une législation spéciale relative aux chemins de fer d'intérêt local date de 1861, à la suite de l'expérience faite en Alsace où l'on avait appliqué à la construction de quelques chemins de fer de ce genre, purement et simplement la législation des chemins vicinaux.

Une commission fut nommée et chargée d'étudier le mode le plus avantageux de construction et d'exploitation de ces nouvelles lignes dont on prévoyait le développement futur. Dès cette époque les grandes lignes de transit étant construites, on avait déjà compris que ces voies ferrées, destinées à desservir des intérêts purement locaux auraient un trafic limité et ne pourraient vivre sans être aidées. On conclut donc qu'il fallait les installer d'une façon économique et non d'après les principes des grandes réseaux. Et on trouva en outre que, l'intérêt dominant étant régional, la subvention accordée aux concessionnaires devrait trouver un large appoint parmi les intéressés eux-mêmes, chez les populations de la contrée spécialement desservies par les nouvelles lignes à construire. L'État exagéra même cette idée dans la loi de 1865; son concours, purement éventuel, était subordonné à celui des départements, et bien inférieur à ce dernier. Cela ne frappa point suffisamment à cette époque où l'on n'avait pas d'exemples en assez grand nombre pour s'éclairer.

Les formalités de l'enquête et la discussion du projet de loi menèrent jusqu'en 1865, et le 12 juillet de cette année fut promulguée la première loi sur la matière.

Il est incontestable que cette loi était très imparfaite; elle était en effet trop courte, trop peu explicite, donnait facilement lieu à des interprétations équivoques. Nous en verrons au cours de cette étude, les principales clauses et les comparerons en temps utile aux nouvelles insérées dans la loi actuelle; de cette façon nous ferons mieux ressortir les progrès qui ont été réalisés. La part attribuée aux subventions de l'État est toujours restée trop faible et le respect du monopole des grandes compagnies trop exagéré.

La concession était donnée par l'autorité locale, mais la déclaration d'utilité publique était décidée par le pouvoir central et faisait l'objet d'un décret. L'État voulait se réserver par là le droit d'empêcher ces petites lignes, en se groupant, de former un nouveau réseau, venant de plus ou moins près faire concurrence à nos grandes compagnies qui, jouissant de la garantie d'intérêt, et voyant leurs recettes diminuer, auraient pu devenir une gêne pour le trésor. On sait que la pratique en décida autrement et que ces nouveaux réseaux se montrèrent au contraire partout, enlevèrent aux chemins de fer d'intérêt local tout le caractère qu'on avait voulu leur réserver d'affluents des grandes lignes et provoquèrent de la part de celles-ci une réaction hostile qui se

manifesta sous toutes les formes, notamment dans les taxes imposées aux gares communes. Aujourd'hui l'utilité publique est déclarée par une loi.

Cette situation fut encore aggravée d'une façon tout à fait inattendue en 1871 par la loi sur les attributions des conseils généraux. L'article 47 de cette loi fixe, en effet, pour le préfet à vingt jours et pour le pouvoir exécutif à deux mois, le délai à partir de la clôture de la session, pendant lequel les délibérations de l'Assemblée départementale peuvent être annulées pour violation des lois ou excès de pouvoir.

Plusieurs conseils généraux virent là un moyen d'éluder l'article 3 de la loi du 12 juillet 1865, que l'on n'entendait cependant nullement abroger; ils accordèrent des concessions que l'État ne voulait pas ratifier en se basant sur ce que l'utilité publique ne pourrait plus être refusée, les délais ci-dessus étant écoulés. Il en résulta une série de conflits et de recours au conseil d'État; celui-ci tint bon en faveur du gouvernement, mais ces irrégularités et ces luttes successives ne firent qu'embrouiller encore davantage la situation et démontrer l'urgence d'une législation nouvelle.

II

Élaboration de la loi nouvelle.

Cette nouvelle législation devenait chaque jour plus nécessaire, à ce point que l'ancienne loi avait fini par tomber d'elle-même dans la plus complète désuétude et était considérée comme lettre morte. La plupart des ingénieurs qui se sont occupés de ces questions comme MM. Level, du Lin, Goschler, Baum, Morandiere, Faliès, etc., ont tous signalé l'urgence qu'il y avait à réformer l'ancienne loi, et à en élaborer une nouvelle plus conforme aux besoins actuels et aux modifications profondes qui s'étaient opérées dans les conditions générales d'installation de ces entreprises, spécialement au point de vue financier.

Dès 1870 on avait tenté quelques réformes; les événements d'alors firent tout oublier. Le 17 mars 1875, un projet de loi et un projet de

règlement d'administration publique furent présentés à la Chambre par M. Caillaux, alors ministre des travaux publics. Un rapport favorable fut déposé le 30 juillet suivant par M. Varoy, au nom de la commission chargée d'examiner ce projet. Mais l'Assemblée se sépara sans délibérer.

La question fut reprise en 1877; un nouveau projet de loi fut présenté par MM. Acloque et Ricot; le rapport de la commission chargée de l'examiner fut encore déposé dans la dernière séance de la Chambre qui a précédé la prorogation.

Le ministre dans son rapport du 2 janvier 1878, se décidait à donner quelque satisfaction à l'opinion, il constatait officiellement l'insuffisance de l'ancienne loi : « L'appareil législatif dont on dispose est imparfait, disait-il : l'État a le devoir d'étudier un ensemble de mesures nouvelles, qui permettront une extension plus rapide et plus sûre de ce réseau intéressant; » il terminait enfin en disant que dans le cours de la session, le gouvernement allait proposer une nouvelle loi destinée à remplacer celle du 12 juillet 1865.

Cependant la loi du 11 juin 1880, comme son aînée, ne s'est pas faite en un jour; elle s'est même fait assez longtemps attendre. Les premiers projets étudiés de longue main ne furent présentés que dans l'année 1878.

A cette époque, le gouvernement soumit deux projets de loi distincts; le premier concernait les chemins de fer d'intérêt local seuls; il fut soumis au Sénat dans la séance du 29 avril 1878, déposé par la commission chargée de l'étudier le 21 novembre et voté par la Chambre haute, dans les séances des 2 et 12 décembre de la même année. Ce projet apportait déjà de profondes modifications à la législation de 1865 et substituait entre autres le principe de la garantie d'intérêt ou plutôt de la subvention en annuités, à celui de la subvention fixe une fois versée.

Le second avait pour but de créer une nouvelle législation en établissant une distinction bien marquée entre les chemins de fer d'intérêt local et les lignes ferrées établies sur les voies publiques, appelées successivement, chemins de fer sur routes, chemins de fer américains et tramways, et leur donnant une réglementation spéciale qu'elles n'avaient pas encore eue en France. Ce second projet fut déposé par la commission du Sénat, le 16 décembre 1878, avec un rapport de

M. Hérold, et voté par cette assemblée dans les séances des 28 janvier et 7 mars 1879.

Les deux projets distincts furent présentés à la Chambre des députés, le 13 mars 1879; nous verrons plus loin que la loi définitive du 11 juin 1880 les a réunis en un seul document divisé en deux chapitres; cette dernière loi est donc relative à la fois aux chemins de fer et aux tramways; ses dispositions diffèrent notablement de celles des projets cités plus haut, mais elle a conservé les principes généraux qui les caractérisaient entre autres celui de la garantie d'intérêt.

La commission du Sénat, frappée de l'étroite connexité des deux projets, avait déjà émis timidement l'avis, à notre sens extrêmement logique, de ne faire qu'une loi unique. La distinction permanente et exagérée que l'on a établie entre les chemins de fer et les tramways, lui paraissait, comme à nous, dans la plupart des cas, inopportune.

La commission de la Chambre fut plus catégorique, elle pensa que, sous réserve de quelques exceptions, il était possible d'établir une assimilation complète entre les chemins de fer d'intérêt local et les tramways; et elle a essayé de formuler cette réglementation unique dans un premier projet déposé le 17 juillet 1879.

Mais sur les instances spéciales du ministre, qui trouvait une immense différence entre les deux genres d'entreprises, on se résigna à faire cette distinction en intercalant toutes les règles spéciales aux tramways, à la suite des règles spéciales aux chemins de fer d'intérêt local. La Chambre qui établissait peu de différence entre les deux, se trouva ainsi satisfaite.

Le deuxième projet de la commission de la Chambre fut déposé le 16 décembre 1879, et adopté immédiatement sans aucune discussion dans la séance du 29 décembre de la même année. Il fut transmis au Sénat le 24 janvier 1880, et renvoyé à la commission compétente, les changements proposés étaient surtout: réunir les deux projets en un seul avec les restrictions citées plus haut et modifier un peu, en les améliorant, les conditions imposées à ces sortes d'entreprises.

Pour le premier point, il fut rapidement acquis, mais il fallut faire pour les chemins de fer et les tramways deux chapitres, au lieu de se contenter de compléter simplement les articles nécessaires dans un même libellé; la dénomination de tramways proposée par le Sénat pour les voies ferrées empruntant le sol des voies publiques et adoptée par le gouvernement fût définitivement acceptée par la Chambre. Elle

est encore bien impropre à notre avis comme nous le démontrerons tout à l'heure.

Le Sénat voulut bien en apparence fondre les deux projets de loi en un seul et modifier en ce sens les deux projets distincts qu'il avait adoptés et présentés à la Chambre, le 13 mars 1879 ; en réalité il n'a fait que deux lois sous un titre unique.

Le rapport définitif relatif à la loi du 11 juin 1880, fut présenté à la Chambre, le 31 mai 1880, par M. René Brice. Il constate le regret de cette Assemblée d'avoir à scinder en deux chapitres les dispositions relatives aux chemins de fer d'intérêt local qui, soit à travers champ, soit empruntant le sol des voies publiques, ne sont en réalité que des espèces différentes d'un même genre, entre lesquelles toute distinction sera bien souvent impossible. Cela est fort regrettable, en effet, et pourra donner lieu à bien des conflits, quand une ligne empruntera de temps en temps le sol des routes pour se rejeter ensuite à travers champ. La subvention étant, comme nous le verrons, plus faible pour les tramways, l'État, pour diminuer son concours aura toujours la tendance à classer la ligne comme tramway, tandis que pour la raison inverse le département y verra un chemin de fer d'intérêt local. Néanmoins, l'approche de la session des Conseils généraux et le désir d'en finir avec un projet de loi qui attendait déjà depuis des années, hâtèrent les conclusions.

Quand au second point, diverses modifications avantageuses pour les concessionnaires furent introduites dans les premiers projets. C'est ainsi que le maximum de recettes kilométriques servant de base au concours de l'État, fut porté de 7,000 à 8,000 francs pour les chemins de fer et de 5,000 à 6,000 francs pour les tramways, les durées des concessions furent prolongées, etc.

Le gouvernement, comme toujours, s'y opposa avec ténacité; il revint plusieurs fois à la charge et finit par triompher de la commission du Sénat, qui contredisait ses chiffres, mais qui, soit par conviction, soit par déférence, finit par accepter les données ministérielles, données absolument contraires à la pratique. Forcé même de le reconnaître, le ministre prétendit qu'il fallait se baser, *non pas sur ce qui existait, mais sur ce qu'il était possible de faire!* On peut aller loin avec un pareil raisonnement. Heureusement la commission de la Chambre tint bon et le gouvernement finit par consentir à apporter au projet les modifications suivantes :

1° Suppression du maximum de la subvention kilométrique (2,000 fr. pour les chemins de fer d'intérêt local, et 1,000 fr. pour les tramways).

2° Élévation à 400,000 fr. par département, de la participation de l'État, laquelle ne s'élevait précédemment qu'à 300,000 fr.

3° Suppression de la limitation de la durée qui avait été fixée à la subvention de l'État (30 ans pour les chemins de fer d'intérêt local, 20 ans pour les tramways).

4° Fixation à 10,000 fr. et à 8,000 fr. pour les chemins de fer d'intérêt local, suivant les largeurs de voie et à 6,000 fr. pour les tramways, de la recette brute à compléter pour partie par les subventions, recette brute qui, d'après le premier projet, était de 9,000 fr. et 7,000 fr. pour les chemins de fer d'intérêt local, et 6,000 fr. et 5,000 fr. pour les tramways.

5° Extension aux conventions relatives aux chemins de fer d'intérêt local, de la faveur d'un droit fixe d'enregistrement.

A ces conditions favorables dues à l'initiative de la Chambre et qui devaient faciliter beaucoup l'établissement des voies ferrées, la commission du Sénat proposa d'ajouter les avantages suivants :

1° Faculté d'augmenter la durée des concessions, qui restent limitées seulement d'après le droit commun, et peuvent être portées à 99 ans, au lieu de 50 ans, dont ne voulait pas démordre le ministre.

2° Extension de la compétence de la commission arbitrale instituée par l'article 11 à la fixation de l'indemnité pour rachat de la concession ou pour suppression ou modification de tracé.

3° Droit aux subventions de l'État, lors même que la voie ferrée n'emprunte que le territoire d'une seule commune.

4° Application des lois du 21 mai 1836 et du 8 juin 1864 pour l'expropriation des terrains nécessaires à l'ouverture des voies accessoires destinées à l'établissement des tramways.

5° Porté de 10, 8 et 6,000 fr. à 10,500, 8,500 et 6,500 le chiffre de la recette brute au delà de laquelle s'arrêtera toute garantie de l'État.

6° Spécifié par la substitution du mot *équivalent* au mot égal, que si les subventions des départements doivent être au moins de la même importance que les subventions de l'État, elles peuvent se produire

sous des formes différentes. Nous verrons plus loin que cela ne constitue pas précisément un avantage pour les concessionnaires.

Cela posé, nous allons examiner les différents articles de la loi actuelle en nous arrêtant spécialement sur les principaux points qui caractérisent cette nouvelle législation, et la font différer de celle de 1865; nous en tirerons les conséquences qu'elle doit avoir sur la marche générale et le développement des entreprises de ce genre.

III

Conditions générales des concessions.

Les artiles 1 et 2 et les quatre premiers paragraphes de l'article 3 qui suit, ne sont que la reproduction des articles adoptés en 1878.

L'article 1er, comme d'ordinaire, est un bref exposé, qui annonce le but général de la loi.

L'article 2 est assez important, et mérite d'être cité en entier.

« S'il s'agit de chemins à établir par un département sur le territoire d'une ou de plusieurs communes, le conseil général arrête, après instruction préalable par le Préfet, et après enquête, la direction de ces chemins, le mode et les conditions de leur construction, ainsi que les traités et les dispositions nécessaires pour en assurer l'exploitation en se conformant aux clauses et conditions du cahier des charges type approuvé par le conseil d'État, sauf les modifications qui seraient apportées par la convention et la loi d'approbation.

« Si la ligne doit s'étendre sur plusieurs départements, il y aura lieu à l'application des articles 89 et 90 de la loi du 10 août 1871 [1].

1. Les articles 89 et 90 de la loi du 10 août 1871, comportent ce qui suit :

Art. 89. — Deux ou plusieurs conseils généraux peuvent convoquer entre eux par l'entremise de leurs présidents, et après en avoir averti les préfets, une entente sur les objets d'utilité départementale compris dans leurs attributions et qui intéresseront à la fois leurs départements respectifs. Ils peuvent faire des conventions à l'effet d'entreprendre ou de conserver à frais communs des ouvrages ou des institutions d'utilité commune.

Art. 90. — Les questions d'intérêt commun seront débattues dans des conférences, où chaque conseil général sera représenté, soit par sa commission départementale, soit par une commission spéciale, nommée à cet effet. Les préfets des départements intéressés pourront toujours assister à ces conférences. Les décisions qui y seront prises ne seront exécutoires qu'après avoir été rectifiées par tous les conseils généraux intéressés.

« S'il s'agit de chemins de fer d'intérêt local à établir par une commune sur son territoire, les attributions confiées au conseil général par le § 1er du présent article, seront exercées par le conseil municipal, dans les mêmes conditions et sans qu'il soit besoin de l'approbation du Préfet.

« Le projets des chemins de fer d'intérêt local départementaux ou communaux, ainsi arrêtés, sont soumis à l'examen du conseil général des ponts et chaussées et du conseil d'Etat. Si le projet a été arrêté par un conseil municipal, il est accompagné de l'avis du conseil général.

« *L'utilité publique est déclarée et l'exécution est autorisée par une loi.* »

Ainsi, comme dans la loi de 1865, les conseils généraux ont tout pouvoir pour donner les concessions départementales ; ils ont la faculté de s'entendre ensemble quand la ligne traverse plusieurs départements et par contre, le conseil municipal peut donner lui-même la concession, quand la ligne ne quitte pas le territoire d'une commune.

Cependant les restrictions ressortent déjà un peu de toutes parts.

Si c'est la commune qui donne la concession, il faut l'avis du conseil général.

Dans tous les cas, l'autorisation obtenue, les projets vont demander l'approbation du conseil général des ponts et chaussées et du conseil d'État, et les droits conférés à ces deux pouvoirs sont considérables, puisqu'ils peuvent, comme nous allons le voir à l'article suivant, entraîner le rejet de la concession.

Mais le fait le plus saillant du présent article, et qui est en même temps un des caractères nouveaux de la présente loi, est la substitution du pouvoir législatif au pouvoir exécutif, pour la déclaration d'utilité publique. Il ne suffit plus d'un décret délibéré en conseil d'État, il faut une loi votée par les Chambres pour ratifier une concession. Il y a là certainement un progrès, mais à notre sens il n'est pas assez radical. L'État pourra toujours mettre en première ligne son veto en concluant que l'utilité publique n'a pas lieu d'être demandée aux Chambres.

C'est ici l'un des cas, où les conseils généraux se croyaient dans la légalité, quand les délais fixés par l'article 47 de la loi du 10 août 1871 étaient écoulés. Mais le conseil d'État, en 1875, a parfaitement annulé la délibération d'un conseil, qui avait concédé un chemin de fer d'in-

térêt local, sans qu'il y eût enquête préalable par le préfet, comme le prescrivait déjà la loi de 1865.

Le même conseil d'État, avait décidé, en 1874, que l'État n'est pas tenu de statuer, dans les délais fixés par cet article 47, quand il ne juge pas que le chemin concédé rentre dans la catégorie des chemins de fer d'intérêt local ; il n'a même pas à prononcer l'annulation de la délibération du conseil; il n'a qu'à ne pas prononcer la déclaration d'utilité publique; le cas s'est présenté précisément pour des lignes concédées en dehors de la zone frontière.

Nous rappellerons à ce propos que, d'après la loi du 3 mai 1841, et les ordonnances royales du 18 février 1834 et du 15 février 1835, l'enquête d'utilité publique, doit se faire dans chacun des chefs-lieux des départements et des arrondissements traversés par la ligne et que la durée de cette enquête est de un mois à quatre mois.

Le nombre des membres qui composent la commission d'enquête devra être de neuf ou de treize. Nous appuyons un peu sur ce fait, parce que la plupart des préfets actuels ne sont pas encore suffisamment au courant de leurs fonctions, et ignorent presque toujours les lois et règlements qui sont de date récente. Il nous est arrivé de voir une enquête urgente, relative à un chemin de fer d'intérêt local, annulée parce que se croyant encore sous l'empire de la loi de 1865, qui déclarait l'utilité publique par un simple décret, cette enquête avait été portée à vingt jours seulement, et la commission d'enquête composée de sept membres au lieu de neuf, formalités qui sont exactes, en effet, quand l'utilité publique est déclarée par une ordonnance royale ou un décret du pouvoir exécutif.

Ajoutons encore ici une remarque qui a son utilité :

Le § 1^er^ de cet article 2, exige donc une enquête pour « préciser la direction de ces chemins, etc... »

D'un autre côté, l'article 3 de la loi du 3 mai 1841, relative aux expropriations pour cause d'utilité publique, exige qu'une enquête administrative précède toute loi autorisant l'exécution de tous les travaux publics.

Il a paru à juste titre à la Chambre, dans le but d'éviter des formalités inutiles et des lenteurs inévitables, qu'une seule enquête suffirait pour satisfaire à la fois aux prescriptions de l'article 2 de la loi sur les chemins de fer d'intérêt local, et de l'article 3 de la loi du 3 mai 1841 ;

une seconde enquête serait, en effet, semblable à la première, et dorénavant un seul procès-verbal suffira pour les deux cas.

L'article 5 correspondant du projet primitif présentait cet inconvénient d'obliger d'avoir recours à deux législations différentes dans le cas où un chemin de fer se trouvait à la fois à travers champs, et de temps en temps sur le sol des chemins vicinaux. Il fut arrêté que toutes les expropriations auraient lieu d'après la loi du 3 mai 1841. Quant aux chemins exclusivement sur les voies publiques, ils procéderaient d'après la loi de 1836.

L'article 3 précise, en les resserrant encore les conditions ultérieures auxquelles devront satisfaire les concessions obtenues.

Article 3. « L'autorisation obtenue, s'il s'agit d'un chemin de fer concédé par le conseil général, le préfet, après avoir pris l'avis de l'ingénieur en chef du département, soumet les projets d'exécution au conseil général, qui statue définitivement.

« Néanmoins, dans les deux mois qui suivent la délibération, le ministre des travaux publics, sur la proposition du préfet, peut, après avoir pris l'avis du conseil général des ponts et chaussés, appeler le conseil général du département à délibérer de nouveau sur lesdits projets.

« Si la ligne doit s'étendre sur plusieurs départements, et s'il y a désaccord entre les conseils généraux, le ministre statue.

« S'il s'agit d'un chemin concédé par un conseil municipal, les attributions exercées par le conseil général, aux termes du § 1er du présent article, appartiennent au conseil municipal, dont la délibération est soumise à l'approbation du préfet.

« Si un chemin de fer d'intérêt local doit emprunter le sol d'une voie publique, les projets d'exécution sont précédés de l'enquête prévue par l'article 29 de la présente loi.

« Dans ce cas, sont également applicables les articles 34, 35, 37 et 38 ci-après.

« Les projets de détail des ouvrages sont approuvés par le préfet, sur l'avis de l'ingénieur en chef. »

Le conseil général a l'air absolument souverain, mais, en somme, il ne faut pas lui attribuer plus d'importance qu'il n'en a réellement; c'est bien lui qui statue définitivement et non le préfet, qui est simplement autorisé à traiter. Mais outre que les projets doivent passer par la

filière de l'ingénieur en chef du département et du conseil général des ponts et chaussées, qui donnent un avis toujours prépondérant, le ministre peut refuser de consacrer la décision prise et remettre tout en question pendant les deux mois qui suivent la délibération. Nous sommes loin, comme on le voit, de l'article 47 de la loi 1871. Peut-être cela est-il utile au point de vue général, mais dans des questions purement *locales* comme celles qui nous occupent, la centralisation excessive nous paraît une mauvaise chose, et il eût été préférable de laisser un peu plus de pouvoir à l'autorité *locale*.

Il est encore visible qu'on a voulu par là armer l'État et empêcher la formation de réseaux pouvant faire concurrence aux grandes compagnies.

Les §§ 5 et 6, qui mentionnent qu'un chemin de fer d'intérêt local peut, sans perdre son caractère légal, emprunter le sol d'une voie publique, sur un parcours plus ou moins long, ont été ajoutés spécialement sur l'initiative de la commission du Sénat.

Cette commission pensa en effet que, dans ces circonstances, bien que le chemin de fer n'interrompe pas la circulation ordinaire, comme l'emprunt d'une route modifie l'affectation primitive de cette route, il y avait lieu d'appliquer plusieurs dispositions prescrites par le chapitre 2 de la loi, chapitre relatif aux chemins de fer sur routes ou tramways.

Ainsi, il faudra se conformer à l'article 29, nécessité d'une enquête spéciale suivant un règlement d'administration publique réglementant les autorisations d'occupations des routes et chemins ; à l'article 34, obligation d'entretenir la voie publique ; à l'article 35, obligation de rendre cette voie en bon état de viabilité ; à l'article 37, dispense de certaines prescriptions de la loi sur la police des chemins de fer, qui ne peuvent être appliquées sur ces routes et chemins ; enfin, à l'article 38, obligation par compensation d'observer les règles spéciales que nécessite la circulation des trains sur les voies publiques.

Ce qu'il y a de singulier, c'est que ces deux paragraphes ont été ajoutés pour réfuter implicitement la doctrine d'après laquelle le caractère légal d'une voie ferrée serait déterminé par des circonstances matérielles, notamment par ce fait, que le sol qu'elle emprunte appartiendrait ou n'appartiendrait pas à la voie publique ordinaire, tramway dans le premier cas, chemin de fer d'intérêt local dans le second.

Tout cela est en contradiction absolue avec le chapitre 2 de la loi

relatif aux tramways et avec la définition même que le Sénat a donné du tramway, comme nous le verrons plus loin; cependant le rapport de M. Labiche, au Sénat, est très catégorique :

« Cette distinction, dit ce document, ne se justifierait pas plus à l'égard des chemins de fer d'intérêt général ou à l'égard des voies de terre.

« Nous savons, en effet, *qu'un chemin de fer d'intérêt général ne perd pas son caractère parce qu'il emprunte une route, un quai,* soit pour un passage à niveau, soit pour un parcours plus prolongé (exemple, emprunt par les rails de la Compagnie d'Orléans, des quais de Nantes). »

Il serait assez curieux de savoir pourquoi il n'en est pas de même des autres chemins de fer.

« Ce qui distingue le chemin de fer d'intérêt local du chemin de fer d'intérêt général, comme des tramways, c'est le classement. »

Nous voudrions cependant être édifié sur les motifs qui serviront de base à ce classement; il ne peut être le pur résultat de la fantaisie de ceux qui sont appelés à classer. C'est qu'ici on ne peut appliquer les mêmes principes que pour les voies de terre ordinaires quoi qu'en dise le même rapport plus loin :

« Le principe que nous rappelons pour les voies ferrées existe également pour les voies de terre.

« Un chemin ne reçoit le caractère de chemin vicinal ordinaire que par son classement, et c'est seulement par un nouveau classement qu'il peut devenir d'intérêt commun ou de grande communication, route départementale ou route nationale. »

Tout cela nous paraît assez peu clair, et nous préciserons ce que nous en pensons au chapitre tramway.

Les articles 4 et 5 sont relatifs aux tarifs, péage et transport; ces tarifs sont fixés par le cahier des charges et l'homologation en est faite par le préfet, dans le cas d'une ligne départementale.

Si la ligne traverse plusieurs départements, quoique ceux-ci aient le droit de s'entendre pour donner la concession, c'est le ministre seul qui a le droit de statuer sur la question de tarifs; on a encore voulu par là évidemment éviter une concurrence aux grandes lignes actuelles, dans le cas où la soudure d'un certain nombre de lignes départementales viendrait à constituer un véritable réseau.

L'article 6 stipule en faveur des départements et des communes, le droit de prendre vis-à-vis des compagnies concessionnaires, les mêmes mesures que peut prendre l'État vis-à-vis des lignes d'intérêt général.

Par l'article 6, l'autorité qui fait la concession a toujours le droit :

1° D'autoriser d'autres voies ferrées à s'embrancher sur des lignes concédées ou à s'y raccorder;

2° D'accorder à ces entreprises nouvelles, moyennant le payement des droits de péage fixés par le cahier des charges, la faculté de faire circuler leurs voitures sur les lignes concédées;

3° De racheter la concession aux conditions qui seront fixées par le cahier des charges;

4° De supprimer ou de modifier une partie du tracé, lorsque la nécessité en aura été reconnue après enquête.

Dans ces deux derniers cas, si les droits du concessionnaire ne sont pas réglés par un accord préalable ou par un arbitrage établi, soit par le cahier des charges, soit par une convention postérieure, l'indemnité qui peut lui être due est liquidée par une commission spéciale formée comme il est dit au paragraphe 3 de l'article 11 de la présente loi.

Ce sont en somme les mesures que peut prendre l'État vis-à-vis des grandes compagnies, qui sont stipulées là en faveur des départements et des communes pour les petites; tout cela est complété par l'article 9, qui substitue le concédant au concessionnaire à l'expiration de sa concession.

Cependant remarquons, que la convention passée avec le département peut adoucir, dans une certaine mesure, ces conditions draconiennes. Ainsi, un concessionnaire intelligent ne dressera jamais un projet de convention sans y stipuler nettement qu'on lui réserve un droit de préférence pour tous les prolongements et embranchements situés dans le département. On éludera de la même façon, dans la plupart des cas, l'article 8 qui permet d'accorder toujours des concessions concurrentes. Ce malheureux article parut un principe de droit commun, qu'on ne pouvait éviter d'indiquer pour les tramways; on l'étendit ensuite aux chemins de fer, quand on fondit les deux projets de loi en un seul.

L'article 7, fixe le rôle du cahier des charges; il précise que la déchéance du concessionnaire ne peut jamais être prononcée par l'autorité locale, mais par le ministre, sauf recours au conseil d'État

par la voie contentieuse. Il y aurait beaucoup à dire sur ce cahier des charges ; heureusement que d'après l'article 2, la convention a le droit d'en modifier bien des clauses !

L'autorité centrale se réserve encore sous forme de décret délibéré en conseil d'État, de trancher toutes les questions de fusion, de cession gratuite de la concession (on sait qu'une semblable cession ne peut être que gratuite, nous rappellerons à ce sujet le récent procès de Clermont à Tulle), d'élévation de tarifs, etc. Le conseil général ou le conseil municipal, suivant le cas, n'est appelé qu'à donner son avis. La non-observation peut entraîner la nullité et même la déchéance. (Article 10.)

L'article 11 est un des plus graves de toute la loi, il stipule qu'à toute époque l'État peut s'emparer d'une ligne concédée, la faire classer par une loi, et se substituer aux droits et obligations de concédants à l'égard des concessionnaires. La procédure à suivre en pareil cas est indiquée d'une manière très précise dans la fin de l'article.

Cet article a deux buts : 1° d'abord justifier l'État dans toutes les absorptions de lignes d'intérêt local faites en 1878, et 2° mettre tout concessionnaire complètement à la merci de l'État, qui peut lui enlever sa ligne aussitôt qu'elle deviendra fructueuse, ou paralyser ses mouvements si l'entreprise prend trop d'extension.

Nous trouvons cependant que les entreprises secondaires ont droit à l'existence comme les autres, qu'une compagnie d'intérêt local qui, en soudant adroitement plusieurs tronçons détachés, réussit à former une entreprise importante, fait preuve d'intelligence et d'habileté et qu'il est bizarre qu'on vienne entraver son succès, afin de laisser sans aucune crainte prospérer de grandes compagnies déjà très prospères et agrandir le réseau d'État, déjà beaucoup trop grand. Si l'on admet que l'État a le droit de racheter à un moment donné un chemin de fer, l'article 11 en question aurait dû préciser que ce n'était qu'en cas d'urgence, d'utilité générale bien reconnue, d'intérêt stratégique évident, etc. Il y avait là déjà bien assez de marge pour trouver toujours un prétexte en cas de besoin.

L'article 12 permet d'appliquer les ressources créées en vertu de la loi du 21 mai 1836 pour les chemins vicinaux, à la dépense des voies ferrées quand les communes ont assuré l'exécution de leur réseau subventionné et l'entretien de tous leurs chemins classés.

En résumé, les articles 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, sont la reproduc-

tion des dispositions que le Sénat a votées en 1878, sauf quelques modifications de texte motivées par la nécessité d'adopter une rédaction, qui puisse comme nous l'avons dit, être applicable aux tramways, au moyen d'un simple renvoi. — En somme jusqu'ici, les dispositions de la loi de 1865 ne sont pas modifiées, sauf en ce qui concerne la loi d'utilité publique; elles sont simplement détaillées, surchargées, précisées. Les modifications de fond ne commencent guère qu'à l'article suivant.

IV

Subvention et garantie d'intérêt.

Nous arrivons à un article très important de la loi, l'article 13, ancien article 17 du dernier projet, relatif aux subventions accordées aux concessionnaires par l'État et les départements intéressés.

Pour bien en saisir toute la portée, il nous faut d'abord citer l'ancien article 5, relatif au même objet dans la loi de 1865; voici ce qu'il contenait:

« Article 5. — Des subventions peuvent être accordées sur les fonds du Trésor pour l'exécution des chemins de fer d'intérêt local. Le montant de ces subventions pourra s'élever jusqu'au 1/3 de la dépense que les traités d'exploitation à intervenir laissent à la charge des départements, des communes et des intéressés.

« Il pourra être fixé à la moitié pour les départements dans lesquels le produit du centime additionnel au principal des quatre contributions directes est inférieur à 20,000 francs et ne dépassera pas le 1/4 pour ceux dans lesquels le produit sera supérieur à 40,000 francs. »

Nous l'avons déjà dit, la modification fondamentale apportée à l'ancienne législation par la loi nouvelle, est la substitution du principe de la garantie annuelle d'intérêt à celui d'une subvention fixe une fois versée.

Nous employons l'expression de garantie d'intérêt parce qu'elle est devenue déjà presque classique dans le public, mais en réalité les subventions par annuités que s'engage à verser l'État, suivant une formule déterminée et avec tous les maximums qu'il fixe, ne ressemblent en rien à une garantie telle qu'on serait tenté de le comprendre au

premier abord. Le Sénat s'en aperçut, la Chambre n'y vit rien et nous montrerons plus loin à quel point cela est regrettable.

On nous comprendra mieux d'ailleurs lorsque nous aurons expliqué cet article.

« Article 13. — Lors de l'établissement d'un chemin de fer d'intérêt local, l'État peut s'engager, en cas d'insuffisance du produit brut pour couvrir les dépenses de l'exploitation et 5 pour 100 par an du capital de premier établissement, tel qu'il a été prévu par l'acte de concession, augmenté s'il y a lieu, des insuffisances constatées pendant la période assignée à la construction par ledit acte, à subvenir pour partie au payement de cette insuffisance à la condition qu'une partie au moins équivalente sera payée par le département ou par la commune, avec ou sans le concours des intéressés.

« La subvention de l'État sera formée : 1° d'une somme fixe de 500 francs par kilomètre exploité ; 2° du quart de la somme nécessaire pour élever la recette brute annuelle (impôts déduits) au chiffre de 10,000 francs par kilomètre pour les lignes établies de manière à recevoir les véhicules des grands réseaux, 8,000 francs pour les lignes qui ne peuvent recevoir ces véhicules.

« En aucun cas, la subvention de l'État ne pourra élever la recette brute au-dessus de 10,500 francs et de 8,500 francs, suivant les cas, ni attribuer au capital de premier établissement plus de 5 pour 100 par an.

« La participation de l'État sera suspendue quand la recette brute annuelle atteindra les limites ci-dessus fixées. »

Comme on le voit, la subvention de l'État est maintenant formée de deux éléments, l'un fixe, représentant la partie des dépenses d'exploitation, qui ne varie pas suivant la dépense de premier établissement, ni suivant l'importance du trafic, l'autre variable suivant ces deux éléments.

La recette brute annuelle normale sur laquelle est calculé le déficit a été élevée, ainsi que nous l'avons déjà dit, de 1,000 francs par kilomètre, et portée à 10,000 francs pour les lignes établies de manière à recevoir les véhicules des grands réseaux, et à 8,000 francs pour les autres.

Pour bien comprendre le mécanisme de cet article, prenons un exemple : supposons un chemin de fer d'intérêt local à voie de 1 mètre en terrain accidenté et coûtant 80,000 francs le kilomètre.

Admettons qu'avec des prodiges d'économie on ait pu faire descendre les frais d'exploitation à 3,500 francs si l'on ajoute couramment 500 francs pour la réfection et le renouvellement de la voie et du matériel, on a un total de 4,000 francs; en résumé la situation se présente ainsi :

Intérêt à 5 p. 100 du capital de premier établissement.	4,000 fr.
Exploitation.	3,500
Réfection et renouvellement.	500
Total.	8,000 fr.

La ligne a donc besoin pour vivre et couvrir strictement ses frais de 8,000 francs par kilomètre.

Si l'on suppose, ce qui est au-dessus de la moyenne, une recette kilométrique brute, impôt déduit, de 6,000 francs, il reste à combler un déficit de 2,000 francs par kilomètre.

Or, voici ce que dit l'État : je vous donne

$$500 + \frac{8000 - 6000}{4} = 1000.$$

Le département devant faire l'*équivalent* 1000 francs, la somme des deux donnera le déficit demandé, 2,000 francs.

Dans le cas d'une ligne à voie normale, il aurait fallu remplacer simplement 8,000 par 10,000 dans la formule précédente. Cela fait donc une différence non pas de 10,000 — 8,000 ou 2,000 francs, comme on nous l'a souvent objecté sans réfléchir, mais $\frac{10000}{4} - \frac{8000}{4}$ ou 500 francs de plus par kilomètre, ce qui est loin de couvrir la différence de frais nécessités par l'adoption de cette voie.

Mais on voit en même temps que, la voie étroite étant choisie, on a tout avantage à la prendre la plus étroite possible; car le chiffre de 8,000 s'applique toujours à toutes les voies réduites autres que la voie normale, tandis que les frais de construction, d'entretien et même d'exploitation diminuent tout de suite sensiblement avec la réduction de largeur de la voie. Nous pensons, avec M. Faliès, que la voie de $0^m,75$ est suffisante en France pour satisfaire à tous les besoins présents et futurs des lignes de ce genre; du moins ne devrait-on jamais dépasser la voie de $0^m,80$ préconisée par M. Baum. Mais, nous voudrions voir, sauf de rares exceptions, disparaître encore

la voie de 1 mètre; cette dernière, en effet, réalise déjà de grandes économies, et de grands progrès sur celle de $1^m,50$; mais elle est encore trop dispendieuse dans la plupart des cas, et trop puissante pour le trafic absolument restreint que ces chemins de fer doivent espérer. En un mot avec la voie de 1 mètre l'instrument, comme on l'a dit bien souvent, n'est pas encore suffisamment proportionné au travail à effectuer. A notre sens, l'espacement de 1 mètre est un grand pas dans la voie du progrès et de la vérité; mais il nous semble résulter d'une certaine crainte que l'on a eue, en réduisant, de paraître réduire trop d'un coup; on a cédé timidement à l'opinion qui s'inquiétait et un peu à la routine qui s'opposait, et l'on s'est arrêté à la voie de 1 mètre. Il faut, à notre sens, la considérer comme un maximum à atteindre le plus rarement possible dans ces sortes de lignes.

Revenons à la formule : nous avons choisi à dessein un cas où elle donne précisément la moitié de l'insuffisance ; mais cela ne se présentera généralement pas ainsi. Supposons, par exemple, avec les données précédentes une recette de 4,000 francs seulement: la formule de l'État reste toujours la même, sauf 4,000 à la place de 6,000 francs; sa subvention varie bien avec la recette, mais elle est toujours limitée

$$500 + \frac{8000 - 4000}{4} = 1500.$$

Or, le déficit est ici de $8,000 - 4,000 = 4,000$ sur lesquels l'État prend 1,500; il reste donc 2,500 à allouer, et l'on voit que dans ce cas, si l'on veut que la garantie soit complète, il faut que le département, les communes et les intéressés donnent 2,500 francs par kilomètre, c'est-à-dire 1,000 francs de plus que l'État.

Si, au contraire, ce qui se présentera rarement, la recette s'élevait au-dessus de 6,000 francs, à 7,000 francs par exemple, le déficit serait réduit à 1,000 francs, l'État prendrait d'après sa formule :

$$500 + \frac{8000 - 7000}{4} = 750.$$

La somme à verser par le département s'élèverait donc à 250 francs, somme beaucoup plus faible que celle de l'État. Mais le § 1^er^ de l'article 13 a prévu le cas : l'État ne fait que l'*équivalent* de ce que fait le département; on divisera donc en deux la différence, 500 francs, et l'État en prenant la moitié, soit 250 francs, chacun payera finalement 500 francs

par kilomètre, ce qui revient à diviser en deux le déficit primitif pour toutes les recettes au-dessus de 6,000 francs.

A notre sens, et pour être complet, cet article aurait dû tenir compte d'un élément important auquel personne n'a songé : c'est une subvention qu'on aurait demandée aux grandes compagnies sur les réseaux desquelles viendront s'embrancher les nouvelles lignes d'intérêt local. Cela eût été rationnel au point de vue de la justice distributive la plus élémentaire, car les grandes lignes ont été construites avec la garantie de l'État ; tous les contribuables y ont donc participé, et il n'est que juste de voir à leur tour les grandes compagnies venir en aide aux entreprises ayant pour but de doter de voies ferrées les contrées pauvres qui en ont été privées jusqu'à ce jour.

De plus une grande compagnie intelligente doit comprendre que, grâce à l'arsenal législatif dont elle est armée, elle a tout intérêt au développement de ces petites lignes qui ne peuvent plus être que des affluents naturels qu'on cherche à lui créer et dont le seul but est de lui apporter du trafic. Cela est tellement vrai que certaines compagnies l'ont déjà mis en pratique et que le chemin de fer du Nord, par exemple, accorde aux lignes d'Achiet à Bapaume et d'Hermes à Beaumont une allocation fixe par tonne de marchandise apportée à la gare terminus du grand réseau.

Nous ne sommes plus au temps où les compagnies de divers ordres se faisaient concurrence ; nous le répétons, la loi contient tout un échafaudage de précautions destinées à éviter cet antagonisme. De plus, comme nous l'avons dit, toutes les lignes ayant encore quelque importance par elles-mêmes ont été classées dans les projets Freycinet ; les nouveaux chemins de fer à construire ne sont donc bien réellement que des affluents des grandes artères, comme les affluents ordinaires, rivières, ruisseaux, etc., d'un fleuve. A ce titre les grandes compagnies doivent un aide aux petites, et personne n'eût osé protester si cette clause avait été introduite dans la loi. En revanche elle eût pu aplanir bien des difficultés et encourager bien des départements timorés à se lancer en avant dans ces sortes d'affaires.

En somme, on voit donc que la loi, contrairement à tout ce que le monde croit, ne donne pas le moins du monde l'application de la garantie d'intérêt ; elle substitue simplement à la subvention en capital qui présentait certains inconvénients pour l'État et les départements, une subvention sous forme d'annuités avec nombre de res-

trictions qui pourraient présenter de grands inconvénients pour les concessionnaires, si les actes de concessions n'étaient rédigés de façon à combler cette lacune. Le rapport de M. Labiche, au Sénat, le reconnaît d'ailleurs d'une manière formelle; non seulement l'État ne donne pas la garantie d'intérêt, mais le département est libre de se libérer comme bon lui semble, même par une subvention ferme une fois versée, subvention qui, la plupart du temps, représente une somme dérisoire comme intérêt kilométrique. C'est pour cela que le mot *équivalent* a été substitué à l'ancien mot *égal*, à propos de la participation de l'État dans le § 1er de l'article 13.

En réalité, et avec la rédaction de l'article 13 telle qu'elle est faite, nous ne voyons pas qu'on ait gagné le moindre terrain dans la voie de la garantie d'intérêt qui est la seule solution possible pour l'avenir.

Le discrédit qui s'est attaché depuis 1865 à ces sortes d'entreprises est trop grand pour que l'on puisse espérer trouver les capitaux qu'elles exigent sans leur assurer à l'avance un certain revenu, modeste mais sûr. L'État ne veut plus donner de somme considérable d'un seul coup, ni avant ni après la mise en exploitation; cela est fort bien; mais il ne s'engage pas plus pour cela lui-même et n'engage personne à garantir l'intérêt des capitaux avancés. Il faudra donc que ce soit le département qui prenne cet engagement; il est à craindre qu'il ne trouve cela un peu lourd pour lui.

Cet article fondamental de la loi, et qui était attendu avec tant d'anxiété, a causé une véritable déception; on n'a ni la subvention fixe, ni la garantie d'intérêt, mais un système bâtard, qui n'est ni l'une ni l'autre et ne satisfait personne; de plus, il encourage les départements, toujours moins riches que l'État, à se montrer récalcitrants dans la crainte de trop s'engager pour l'avenir. Nous affirmons qu'avec ce système il sera généralement très difficile d'avoir une garantie réelle et complète, et par conséquent de trouver les fonds nécessaires pour exécuter les chemins de fer d'intérêt local.

La garantie d'intérêt avait cependant depuis longtemps été reconnue nécessaire. La Commission parlementaire chargée de l'étude du projet de loi disait déjà l'appui de ce principe :

« *Le système de la subvention présente des inconvénients considérables.*

« Il constitue une prime d'encouragement à la spéculation en fournissant une première mise de fonds qui permet aux entreprises de se soutenir pendant la période de construction et de faire illusion complète. En réalité, il ne donne aux capitaux engagés aucune garantie de rémunération, ni la moindre garantie d'exploitation aux départements intéressés. Aussi a-t-on vu souvent les concessionnaires de chemins de fer d'intérêt local réaliser d'énormes bénéfices au moyen de l'émission des titres ou bien au moyen de marchés de construction consentis avec des majorations scandaleuses, puis s'empresser d'abandonner les entreprises dont ils avaient pris l'initiative, en laissant au capitaliste des titres sans valeur, et aux départements la charge d'achever les travaux commencés et l'embarras d'exploiter des réseaux incomplets.

« Pour attirer l'épargne sérieuse en dehors de la spéculation, il faut lui offrir, non l'appât mensonger de gros bénéfices, mais un intérêt qui peut être moindre à la condition d'être sûr. Cette sécurité, la garantie d'intérêt permet de la donner.

« Ce système présente d'ailleurs un autre avantage très important, celui de sauvegarder l'exécution des engagements contractés avec les départements. En effet, il ne suffit pas de construire des chemins de fer, il faut encore les entretenir et les exploiter. Sous le régime de la loi de 1865, les sacrifices de l'État et du département peuvent être complètement absorbés par les dépenses de premier établissement, et il devient alors impossible de faire face aux insuffisances de produit qui peuvent, pendant les premières années, mettre en péril l'exploitation, quoique les lignes concédées soient appelées à donner dans l'avenir un résultat rémunérateur. La garantie d'intérêt donne à cet égard toute sécurité aux départements. »

La déception fut d'autant plus grande que la Chambre voulait, en effet, réellement donner la garantie d'intérêt et que pas un de ses membres ne s'aperçut que la loi ne la donnait pas; et cette erreur est extrêmement regrettable, car une insistance de sa part dans cette voie aurait pu peut-être modifier le résultat final et faire obtenir réellement cette garantie.

Voici, en effet, ce que dit le dernier rapport de la Chambre du 31 mai 1880.

« Enfin vous avez remarqué avec quel soin, notamment dans l'article 13, la commission du Sénat a remplacé les mots : « Intérêt,

« garantie d'intérêt » par les mots « subvention par annuités ou parti- « cipation de l'État. » Nous ne saurions partager les scrupules qui ont dicté cette résolution. L'État, lorsqu'il s'engagera dans les termes de l'article 13, accordera bien aux chemins de fer d'intérêt local subventionnés une garantie d'intérêt, dans le sens usuel et dans le sens *vrai* du mot : garantie représentant à 5 pour 100 l'intérêt du capital employé à la construction. »

« Ces 5 pour 100, le capital de premier établisement est *certain* de les toucher et la destination qu'ils pourraient ensuite recevoir ne peut faire ni qu'ils n'aient pas été perçus, ni qu'ils ne l'aient pas été comme représentant l'intérêt promis, c'est-à-dire, garanti à un capital déterminé. »

Comme nous l'avons démontré plus haut, cette argumentation est absolument étrange et l'on ne saurait se mettre plus carrément à côté de la vérité.

Le Sénat y avait bien vu clair, la Chambre ne s'aperçut de rien, et voilà comment il se fait que nous sommes dotés de l'article 13 tel qu'il est conçu aujourd'hui.

Il n'y a, à notre sens, qu'un seul moyen d'en sortir ; c'est d'engager par la convention qui accompagne la concession, le département à garantir complètement à 5 pour 100 comme le dit la loi, l'intérêt des capitaux de premier établissement plus les frais d'exploitation, bien entendu, défalcation faite de la recette brute, impôts déduits. Le département s'arrange ensuite lui-même avec l'État, les communes, les particuliers, peu importe. A cette condition seulement il sera possible de placer les titres de la Société et encore même à 5 pour 100, il ne faut pas accepter une concession de moins de quatre-vingt-dix-neuf ans, sans cela l'affaire financière se présente immédiatement sous un jour plus difficile et, dans certains cas, impossible.

On ne parle, en effet, nulle part d'amortissement dans la loi et il faudra le faire à ses frais, en le prenant sur les 5 pour 100 garantis.

Le projet de la Chambre était plus large et proposait de prendre le taux moyen des négociations faites depuis l'acte de concession jusqu'à la mise en exploitation de la ligne et d'appliquer provisoirement le taux de 5.75. Cela ne fut pas accepté.

Mais revenons à la question d'amortissement. Dans le projet de 1878, l'article actuel qui portait le n° 11, limitait à trente ans pour les chemins de fer et à vingt ans pour les tramways, la durée de la participa-

tion de l'État ; la Chambre des députés obtint qu'on portât cette durée à cinquante ans. D'un autre côté, comme il n'y a pas d'illusion à se faire, et comme il faut limiter la durée de la concession à la durée de la garantie pour pouvoir trouver un seul prêteur d'argent, il en résultait que la question d'amortissement écrasait tout, et que la nécessité de prolonger ces délais était des plus impérieuses.

En effet, tandis que l'amortissement en cinquante ans exige une annuité de 48 centimes pour 100, l'amortissement en soixante-quinze ans n'exige déjà qu'une annuité de 13 centimes pour 100 ; en réalité il faut dans toutes les concessions demander quatre-vingt-dix-neuf ans.

En outre, il ne faut pas trop réduire le taux de 5 pour 100, car une obligation rapportant annuellement 15 fr., remboursable à 500 fr. même en quatre-vingt-dix-neuf ans, doit être émise, pour tenir compte de l'amortissement, à 317 fr., *sans compter les frais de banque ;* nous avons fait ce calcul que chacun peut répéter facilement.

A 4 1/2 de taux d'intérêt, l'émission, toujours pour quatre-vingt-dix-neuf ans, devrait se faire à 352 fr. On voit que si l'on ajoute les frais de banque et si l'on compare ces chiffres aux cours actuels des titres des grandes lignes qui seront toujours plus recherchés, l'émission devient impossible.

Si la convention permet de compter en dépenses garanties les frais d'amortissement, l'État ou le département ont alors eux-mêmes, pour les mêmes raisons, tout intérêt au prolongement du délai. L'obligation d'amortir en vingt ou trente ans nécessitant, en effet, des prélèvements considérables sur les produits, aurait pour conséquence d'aggraver leurs sacrifices ; car ce sont leurs subventions qui auraient, en réalité, à combler le déficit résultant d'un amortissement trop rapide.

Dans tous les cas, il est élémentaire que le mieux est de donner aux concessions une durée d'autant plus longue que l'entreprise doit être moins rapidement productive.

En résumé, les concessionnaires devront :

1° Ne traiter qu'avec le département sur la base de la véritable garantie intégrale d'intérêt ;

2° Demander le taux de 5 pour 100 ;

3° Demander une concession de quatre-vingt-dix-neuf ans.

A l'époque de la rédaction de la loi on s'imaginait que les départe-

ments eux-mêmes préféreraient la forme de la garantie avec son versement annuel. Nous pouvons affirmer par expérience que tout au contraire les départements sont absolument rebelles à ce principe qu'ils redoutent de voir s'établir parce qu'ils y voient un engagement à longue échéance et sans limites bien déterminées. L'idée est inexacte, car les limites dans lesquelles gravitent tous ces chiffres sont au contraire si restreintes que les maximum sont faciles à fixer, sans compter que les secours annuels vont en diminuant à cause de la progression régulière des recettes. Néanmoins, les conseillers généraux offrent toujours aux concessionnaires une somme souvent insignifiante une fois versée, somme dont l'intérêt annuel ne représente souvent qu'une infime partie du déficit de rendement.

Cependant il est difficile de faire accepter ces raisonnements, ce n'est que par la grève des concessionnaires que l'on décidera les Conseils généraux à comprendre qu'il n'existe plus d'actionnaires assez naïfs pour se ruiner dans le simple but de leur être agréable en construisant leurs chemins de fer. Ce sujet comporterait de plus grands développements et nous y reviendrons peut-être un jour, mais pour le moment il nous éloignerait trop de notre étude.

Remarquons encore que malgré toutes ces garanties apparentes, il n'en reste pas moins toujours un aléa très grave à courir, c'est le prix du kilomètre de construction qu'il faut prendre à l'avance à forfait, d'après le même article 13.

Notons enfin que la subvention de l'État est hérissée de limites de tous côtés, malgré la formule. On appliquera bien cette formule, mais on s'arrêtera :

1° A l'équivalent de ce que fera le département ;

2° A une recette de 10,500 fr. ou 8,500 fr. par kilomètre, selon les voies ;

3° A une rémunération annuelle de 5 pour 100 du capital ;

4° Le total de ces subventions pour un même département ne doit pas s'élever à plus de 400,000 fr. (Art. 14) ;

5° Enfin il y a une cinquième limite annuelle : c'est la somme votée pour cet article au budget.

La deuxième restriction a eu pour but d'empêcher le concessionnaire de se maintenir dans les recettes inférieures : on prétendait que d'après

le § 1er il aurait pu avoir intérêt à ne jamais atteindre les limites de 10,000 fr. et 8,000 fr. prévues pour recevoir une subvention.

Il nous paraît assez difficile, au premier abord, qu'un concessionnaire auquel le cahier des charges ordonne d'avoir toujours un matériel prêt à satisfaire à tous les transports, puisse refuser les voyageurs et les marchandises qui se présentent; refuser de faire de la recette en un mot. Mais, en admettant qu'on parvienne à éluder cette clause si importante de tout cahier des charges, comment supposer qu'un concessionnaire donnant avec peine et à force de garanties de tout le monde un dividende de 5 pour 100 à ses actionnaires, ne sera pas trop heureux, si cela lui est possible, de distribuer des dividendes de 6, 7, 8, 10 pour 100, dût-il se libérer des avances qu'on lui a faites comme il est prévu à l'article 15?

L'article 14, qui est relatif à la quatrième restriction énoncée plus haut et fixe la limite de la charge imposée à l'État pour chaque département à 400,000 fr., est néanmoins un progrès sur l'article 6 correspondant de la loi 1865, qui portait ce chiffre seulement à 6 millions pour toute la France.

Ce résultat, d'ailleurs, n'a pas été obtenu du premier coup; le premier projet portait que, pour les secours à obtenir de l'État, le maximum fixé par département serait de 200,000 fr. et 2,000 fr. par kilomètre exploité. En aucun cas l'État ne devait fournir plus de 1,000 fr. sur ces 2,000 fr. En outre, aujourd'hui la subvention est permanente au lieu d'être limitée, comme nous l'avons dit, à trente années, et les chiffres assez faibles de 9,000 fr. et de 7,000 fr. ont été élevés à 10,500 fr. et 8,500 fr.

Il y a encore, pour ainsi dire, une cinquième restriction, c'est que chaque année, la subvention totale accordée pour toutes ces entreprises sera votée par la loi des finances. Mais, il est peu à redouter que l'on atteigne jamais ce maximum, vu l'exiguïté des ressources départementales et la nécessité pour les départements de faire au moins autant que l'État.

Si tous les départements de France et les trois départements d'Algérie étaient en situation d'user de la faculté que leur offre l'État, et d'épuiser la réserve mise à leur disposition, l'ensemble des subventions pourrait s'élever à 36 millions de francs, soit à six fois la somme que l'article 6 de la loi de 1865 autorisait l'État à consacrer chaque année aux chemins de fer d'intérêt local.

En somme, toutes ces subventions ne sont que des avances remboursables et ce remboursement est réglé par l'article 15. Il a lieu aussitôt que les revenus de la ligne couvrent les intérêts du capital de premier établissement à 6 pour 100, augmenté des frais d'exploitation.

Le dernier projet de la Chambre avait accordé 7 pour 100 qui ne furent pas maintenus par le Sénat.

Ainsi, jusqu'à 5 pour 100 le concessionnaire est aidé par l'État, le département, les communes et les intéressés.

De 5 à 6, la ligne vit de ses seules ressources.

Au-dessus de 6, le remboursement commence, la moitié du surplus de la recette est partagée entre l'État, le département et les intéressés d'un côté, et le concessionnaire de l'autre; en un mot la moitié de l'excédent est retournée à ceux qui ont fait des avances jusqu'à concurrence du complet remboursement de ces avances, mais avec cette clause fort intéressante que l'on ne compte aucun intérêt. Ce dernier point est fort important quand on songe que, pour plusieurs de nos grandes lignes, les intérêts composés des sommes avancées en garantie par l'État ont atteint des proportions colossales et dépassé quelquefois le principal.

Enfin, l'article 16 annonce un règlement d'administration publique qui doit déterminer :

1° Les justifications à fournir par les concessionnaires pour établir les recettes et les dépenses annuelles.

Notons que l'exploitation sera le plus souvent prise à forfait suivant des formules où la recette constitue la seule variable, telles sont $1{,}800 + \frac{R}{4}$, $2{,}000 + \frac{R}{3}$, $2{,}000 + \frac{R}{4}$, et ces documents ne serviront plus que comme renseignements statistiques et pour justifier la recette;

2° Les conditions dans lesquelles seront fixés les subventions et remboursements cités plus haut.

Ce règlement n'est pas encore paru aujourd'hui (janvier 1882).

V

Transports gratuits. — Émission des titres. — Divers.

Des conditions simplement indiquées à l'article 17, sont soigneusement détaillées dans le cahier des charges annexé. Cet article est relatif aux transports gratuits; la loi dit, il est vrai que les chemins subventionnés seuls y seront assujettis. Mais tous ces chemins sans exception seront subventionnés, et en outre, même dans ce cas, nous ne pouvons admettre que l'administration donne une subvention sous une forme pour la reprendre sous une autre. Chacun de nous sait la consommation ridicule qui se fait de permis gratuits et de cartes de circulation; il en faut donner à tout le monde sous peine de voir contre soi toute l'armée des fonctionnaires.

Nous voudrions même voir supprimer de la loi et du cahier des charges, tous les transports gratuits ou à taxe réduite comme militaires, marins, services publics, postes, etc. Les recettes sur ces petites lignes sont en général trop faibles pour qu'on les charge encore d'un aussi lourd fardeau. Ainsi le transport de la poste exige à lui seul un compartiment entier de deuxième classe; cela est absolument inique, quand on pense qu'il n'y a normalement qu'un seul compartiment de ce genre dans tout le train. Nous ne saurions trop engager nos collègues à ouvrir une vigoureuse campagne dans cette direction.

. L'article 18 précise la façon dont se fera l'émission des titres; il n'est que la reproduction d'une clause qne l'on était arrivé à mettre insensiblement dans toutes les conventions antérieures à la loi; il est interdit d'émettre des obligations pour un montant supérieur au capital-action; ce dernier devra donc être égal au moins à la moitié de la dépense nécessaire au complet établissement et à la mise en exploitation de la ligne; ce capital devra être effectivement versé sans qu'il puisse y avoir d'actions libérées autrement qu'en argent.

En outre et sauf un cas spécial prévu au § 4, aucune émission d'obligations ne peut avoir lieu avant qu'on ait versé ou employé en achat de terrains, approvisionnements ou dépôt de cautionnement, les 4/5 du capital-action. Le § 4 cependant permet de faire cette émission lorsque plus de la moitié seulement du capital-action aura été em-

ployée, mais à condition que tout ce capital soit versé. Malgré cela, les fonds provenant de ces émissions anticipées doivent être déposés à la caisse des Dépôts et consignations et ne peuvent être mis à la disposition du concessionnaire que sur l'autorisation formelle du ministre des travaux publics.

Il faut néanmoins bien remarquer le dernier paragraphe, qui supprime toutes ces formalités sans exception, pour une compagnie ayant déjà la concession d'autres lignes en exploitation si le ministre reconnaît que les revenus actuels de ces chemins sont suffisants pour assurer l'acquittement des charges résultant des obligations à émettre.

Pour ce qui est de cette dernière clause, on peut se demander en quoi consistent les *charges* en question.

Ce sont comme toujours ; l'intérêt du capital à 5 pour 100 augmenté du déficit entre les frais d'exploitation et la recette, et le tout diminué des secours cumulés de l'État, des départements et des communes.

Si donc, une ligne appartenant à un concessionnaire donne dans ces conditions, une fois tous ses frais soldés, un excédent capable de couvrir les dépenses ainsi indiquées, il pourra être procédé à une émission d'obligations pour une autre ligne concédée à la même compagnie et dont les charges ne dépasseront pas l'excédent en question.

Il en résulte encore ce fait très important qu'avec la garantie d'intérêt intégrale telle qu'elle peut être obtenue du département, les charges de toute ligne sont toujours couvertes par cette garantie quoi qu'il arrive. Donc il suffit dans ce cas d'avoir dans son stock une ligne donnant des bénéfices pour pouvoir se libérer de toutes les autres par des émissions d'obligations. Une société, avec un capital relativement restreint pourra donc dans ces conditions, exécuter un grand nombre de lignes en se remboursant chaque fois par un emprunt et restant dans la légalité absolue.

Mais il n'est pas inutile de remarquer que dans ce cas spécial les actions deviendront de véritables obligations, et qu'elles vaudront même mieux que celles-ci, car elles auront droit au dividende s'il y en a un, indépendamment de l'intérêt annuel garanti qu'elles toucheront.

Dans tous les autres cas où la garantie d'intérêt n'est que partielle ou limitée, les obligations reprendront leur supériorité ordinaire au point de vue de la sécurité inhérente à ce genre de titres.

Ainsi, l'émission des obligations est une chose fort délicate actuelle-

ment et on l'entoure à juste titre de toutes les garanties possibles; le secret pour se libérer de toutes ces sujétions et d'avoir une ligne qui réalise des bénéfices. Il faut avouer que de semblables lignes seront rares.

Viennent enfin une succession de petits articles réglant des questions de détail; l'article 19, qui exige un compte rendu trimestriel des recettes et des dépenses d'exploitation; les articles 20 et 22, qui dispensent de mettre des clôtures et des barrières aux passages à niveau même pour les embranchements industriels; l'article 21, qui donne aux préfets l'exercice du contrôle sous l'autorité du ministre des travaux publics; l'article 23, qui étend l'action de la présente loi aux chemins de fer concédés et déclarés d'utilité publique, mais non encore exécutés, ou du moins pour lesquels toutes les formalités prescrites par la loi de 1865 n'auraient pas encore été remplies; l'article 24, très important en ce qu'il fixe un droit invariable de 1 franc d'enregistrement pour tous les actes de concessions, rétrocessions, fusions, ainsi que pour les cahiers des charges annexés; enfin l'article 25, qui abroge la loi de 1865.

Les dispositions des articles 15 à 25, sont la reproduction de dispositions analogues contenues dans le projet de 1878, sauf quelques modifications de rédaction dont nous avons déjà expliqué les motifs.

Le dernier § de l'article 23, a été introduit dans la loi pour donner satisfaction à une préoccupation de la Chambre.

Pendant que la loi était en projet, des concessions ont été consenties et des mesures d'instruction on été accomplies en prévision d'un vote plus rapide de cette loi; le dernier § de l'article 23 décide qu'il n'y aura pas lieu de renouveler les actes accomplis, toutes les fois seulement que les formalités prescrites par la nouvelle loi auront été observées par avance.

La question de la suppression ou de l'allégement du droit d'enregistrement n'est pas nouvelle; elle a été depuis longtemps soulevée et réclamée, mais toujours aussi invariablement repoussée.

Dès le 30 avril 1870, une circulaire du directeur général des contributions directes, déclarait que les chemins de fer d'intérêt local et leurs dépendances, faisant partie du domaine public, devaient être exemptés des droits de mainmorte, comme les lignes d'intérêt général. Mais il fut plus difficile de faire admettre le même principe pour les droits d'enregistrement des conventions et cahiers des charges. Le

ministre des finances, par une décision très motivée du 9 novembre 1874, s'y opposait formellement et ne voyait pas de motifs pour dispenser les départements et les communes d'un impôt envers l'Etat.

La loi actuelle en a décidé autrement et a fort heureusement tranché cette question pour les concessionnaires, qui endossent toujours indirectement tous ces frais.

La loi de 1865 n'avait garde d'oublier comme celle d'aujourd'hui la kirielle de transports gratuits; elle n'avait rien prévu au point de vue de l'émission des titres.

La loi actuelle ne réalise donc aucun progrès sur le premier point; quant au deuxième, elle donne certainement à ce genre d'affaires, un caractère de moralité que certaines irrégularités financières restées tristement célèbres avaient largement contribué à lui enlever.

VI

Tramways.

Le deuxième chapitre de la loi est relatif aux tramways.

Ici se pose d'abord une question préjudicielle : Qu'est-ce qu'un tramway? En quoi le tramway se distingue-t-il du chemin de fer d'intérêt local? La loi a-t-elle bien compris cette distinction?

Eh bien! nous avons le regret de le constater, la loi a très mal défini le tramway. Le public a consacré cette définition au service des voitures exclusivement destinées aux voyageurs roulant sur voie ferrée établie sur routes; s'arrêtant au signal de chacun et ayant un mode de traction quelconque. Le monde technique et industriel a admis que le tramway peut faire la remorque des marchandises, mais que la voie ferrée est installée sur route avec rails noyés pour ne pas empêcher la circulation des véhicules ordinaires qui a lieu sur la même plate-forme que le chemin de fer. Peu importe la traction qui peut se faire par machines ou par chevaux.

Nous pensons, en effet, qu'un tramway est un chemin de fer avant tout sur route ou chemin public, à rails forcément noyés ou accompagnés de contre-rails comme dans les passages à niveau, afin de

permettre la circulation des voitures ordinaires qui doit s'y faire en même temps que celle des véhicules de la Compagnie. Et cela quel que soit le transport effectué, voyageurs ou marchandises, et le mode de traction adopté, chevaux ou machines. Le caractère fondamental du tramway, à notre sens, c'est la circulation sur voie publique avec rails de niveau; toute voie ferrée sur plate-forme spéciale, même si l'on y tolère la circulation des piétons, est un chemin de fer.

Est-ce bien réellement ainsi que l'ont compris ceux qui ont élaboré la loi? Nullement, et l'article 26 dans sa généralité classe dans les tramways de véritables chemins de fer; on y englobe en effet tout ce qui est construit sur accotements de route, ce qui est loin d'être la même chose que sur route, et séparé de la chaussée courante par une bordure en pierres, obligatoire d'après l'article 7 du cahier des charges. Dans un semblable régime et étant données les clauses draconiennes de ce cahier des charges, il y a toujours à faire des terrassements et des ouvrages d'art, du ballast et des traverses à ajouter; il suffit d'un seul rail pour assurer la circulation, puisque les véhicules ordinaires ne doivent pas y passer et que les piétons seuls peuvent y avoir accès; la plate-forme ne différera en rien de ce qu'elle serait en plein champ et reviendra aussi cher, comme nous le démontrerons plus tard; en somme on a là une voie ferrée ayant tous les caractères des chemins de fer ordinaires et non pas un chemin de fer sur route, un tramway.

Au point de vue de l'application de la loi, l'équité est blessée par ce classement inexact; car un chemin de fer sur accotement reviendra généralement plus cher qu'une ligne à travers champs, puisque l'infrastructure (acquisition de terrains, terrassements, ouvrages d'art) se trouve presque la même et qu'il faudra en plus ajouter une bordure et le plus souvent un caniveau de $0^m,30$.

On ne comprend donc pas que la formule de la subvention, que nous verrons tout à l'heure, soit réduite pour ce genre de lignes; mais il eût été possible de le faire pour les vrais tramways par une addition à l'article 13 des chemins de fer, et plus rationnel que de classer parmi les tramways toute une catégorie de chemins qui en diffèrent complètement et comme installation et comme exploitation. Nous ne parlons que pour mémoire des confusions que ce système entraînera à chaque instant dans l'application.

Cela posé, examinons rapidement les différents articles de la loi sur les tramways.

L'article 27 a un peu modifié l'article 2 de l'ancien projet spécial à cette catégorie de chemins qui accordait à l'État, seul, le droit de concéder un tramway, quelle que fût la nature des voies empruntées, quand la ligne traverserait plusieurs départements. Dans la loi actuelle, les départements voisins peuvent s'entendre au préalable comme pour les chemins de fer d'intérêt local d'après les articles 89 et 90 de la loi du 10 août 1871, afin de donner la concession d'un tramway.

L'article actuel fut introduit spécialement pour faire cesser les difficultés permanentes que soulevait le conseil supérieur des ponts et chaussées, dans le cas de concessions de voies ferrées sur routes. La loi de 1865 ne précisait rien à cet égard et certains conseils généraux, considérant à juste titre les chemins de fer sur routes comme une catégorie de chemins de fer d'intérêt local, en avaient concédé la construction et l'exploitation; le conseil général des ponts et chaussées refusait invariablement de ratifier les conventions prétendant qu'aux termes de la jurisprudence de l'Administration et du conseil d'État, c'est au gouvernement seul qu'appartient le droit de concéder des chemins de fer sur routes. La loi actuelle fait disparaître l'inconvénient pour les départements de demander la concession à l'État pour la rétrocéder, ce qui entraîne toujours d'incalculables lenteurs.

Quand les voies occupées sont de natures différentes, la concession est donnée par le plus éminent des propriétaires. Ainsi lorsque l'on emprunte, si peu que ce soit, une route nationale c'est l'État qui donne la concession; dans ce cas, cela est fort naturel. C'est le département s'il s'agit d'une route départementale, d'un chemin de grande communication ou d'intérêt commun; cependant si le tramway emprunte le territoire de plusieurs communes, quand bien même il suivrait exclusivement des chemins vicinaux ou ruraux, c'est encore le département qui donne la concession comme pour les chemins de fer. La commune n'a le droit de concession que sur ces derniers, et lorsque la ligne ne quitte pas son territoire.

Ces trois propriétaires, d'ailleurs : l'État, le département et la commune, peuvent se donner mutuellement d'après le § 2 et l'article 28 suivant, des concessions qui sont rétrocédées ultérieurement.

L'article 29 précise, comme cela est indiqué à l'article 3, § 5 du chapitre relatif aux chemins de fer d'intérêt local qui empruntent provisoirement le sol des voies publiques, une enquête spéciale dans les formes prescrites par le règlement d'Administration publique du 18 mai 1881 ; quand c'est l'État qui donne la concession, les conseillers généraux et conseillers municipaux sont entendus.

Quant à la déclaration d'utilité publique, il n'a pas paru nécessaire d'avoir recours au pouvoir législatif et elle résulte d'un simple décret délibéré en conseil d'État sur le rapport du ministre des travaux publics après *avis du ministère de l'intérieur.*

Ainsi, le ministre de l'intérieur est ici consulté; le fait est à remarquer et spécial à ce genre de concessions.

L'article 30 annonce un cahier des charges actuellement paru, qui est excessivement dur et dont heureusement on peut modifier les clauses si l'on est d'accord avec le département et que ces modifications soient bien clairement stipulées dans les conventions. Il est vrai qu'il faudra toujours passer par le conseil général des ponts et chaussées et le conseil d'État ; la pratique nous apprendra dans quelles mesures ces assemblées se montreront libérales.

Par l'article 31, se trouve tranchée une question qui avait donné lieu bien souvent à de graves difficultés, malgré tous les soins qu'avait mis jusqu'à ce jour le conseil d'État à régler chaque cas particulier de la manière la plus conforme à la légalité.

La loi de 1865 faisait déjà bien allusion à la loi de 1836 sur les chemins vicinaux, mais seulement au point de vue de l'affectation des ressources prévues par cette loi pour la construction des chemins. Aujourd'hui, quand on aura à établir un tramway, on pourra procéder en vertu de la loi du 21 mai 1836, complétée par la loi du 8 juin 1864, en ce qui concerne les propriétés bâties et les enclos qui en sont la dépendance pour toutes les expropriations, à moins que les élargissements et les rectifications correspondants ne concernent les chemins de la grande voirie comme routes départementales ou nationales.

Il est en effet absolument rationnel que si, dans le but de favoriser le développement des tramways, on autorise l'affectation à leur construction des ressources spéciales vicinales créées par la loi en

question, on doit également leur accorder le bénéfice de la procédure d'expropriation organisée par cette loi.

Il faut avouer que le législateur était un peu intéressé en procédant de la sorte; une certaine clause du projet de cahier des charges sur les tramways exigeait que dans le cas où un tramway viendrait à quitter une route pour une raison de profil ou autre, le concessionnaire serait tenu de rétablir dans la déviation provisoire, la route telle qu'elle existait avant et après cette déviation ! C'était un moyen fort simple comme on le voit pour l'Administration de faire faire aux frais des naïfs concessionnaires toutes les rectifications de routes présentant des rampes un peu fortes ou quelque autre inconvénient du même genre. Ces grotesques conditions soulevèrent un tolle général et ne purent être maintenues au cahier des charges actuellement paru.

Mais il reste néanmoins le bénéfice de l'article de la loi qui s'applique aux élargissements et à la construction des déviations accessoires destinées à la plate-forme du chemin de fer.

La procédure d'expropriation est plus prompte et plus facile pour les chemins vicinaux que pour les routes, c'est pour cette raison qu'elle a été adoptée de préférence.

La considération que, dans certains cas, la nouvelle ligne servira de trait d'union entre deux voies n'appartenant pas à la voirie vicinale, n'est pas très sérieuse; en effet, on voit classer tous les jours des chemins de grande ou de moyenne communication, réunissant deux routes nationales ou départementales.

L'application de la loi de 1836 sera donc la règle générale; la seule exception à cette règle sera faite lorsque l'expropriation aura pour but l'élargissement ou la rectification des routes nationales ou départementales; dans ce cas, en effet, cette manière de faire conduirait à ce résultat singulier qu'une route, qui ne pourrait être élargie pour les besoins de la circulation ordinaire, en vertu de la loi de 1836, pourrait l'être si cette modification de largeur était nécessitée par l'établissement d'un tramway.

En résumé, l'application des lois de 1836 à 1864 est autorisée pour les expropriations nécessaires à l'ouverture d'une voie nouvelle n'ayant encore aucun caractère légal et à raison des facilités offertes par la loi de 1836, il y a avantage à la classer dans la voirie vicinale; on ne peut appliquer cette loi de 1836 en matière de rectification de route départementale ou nationale, parce que cette voie appartenant à la

grande voirie, on ne peut la soustraire à la législation qui la régit sans en opérer le déclassement.

L'article 32 est la reproduction de l'article 3 du chapitre des chemins de fer avec cette addition évidente que les projets d'exécution sont approuvés par le ministre lorsque la concession est donnée par l'État. Le chemin de fer d'intérêt local, lui, ne peut jamais être concédé par l'État.

Sauf quelques légers changements de rédaction, les articles 33 et 34 ne sont que la reproduction des articles 8 et 9 du projet adopté en 1878. Le premier est relatif aux tarifs qui sont homologués, soit par l'État, soit par le préfet, selon l'autorité qui donne la concession; le deuxième supprime l'impôt des prestations établi par l'article 3 de la loi du 21 mai 1836 pour les chevaux et voitures.

Quant aux redevances ou aux droits de stationnement, les départements ou les communes ne peuvent en exiger des concessionnaires, que si cela est nettement stipulé dans la convention.

Seulement, à l'expiration de la concession, l'administration peut exiger que les voies ferrées qu'elle avait concédées soient supprimées en tout ou en partie et que les voies publiques et leurs déviations soient remises en bon état de viabilité, aux frais des concessionnaires (art. 35).

De plus, les anciennes dispositions de l'article 13 du projet ont été supprimées; on sait qu'elles limitaient à cinquante ans la durée de la concession des tramways au lieu de la durée ordinaire fixée par le droit commun.

L'article 36 est l'adaptation aux tramways de l'article 13 des chemins de fer, relatif aux subventions par annuités et à la participation de l'État. La formule est seulement réduite à $500 + \frac{6\,000 - R}{4}$, le maximum de recettes à atteindre, 6,500 francs par kilomètre, et comme précédemment 5 pour 100 du capital de premier établissement pour le taux de l'intérêt. Nous répétons que ces chiffres sont insuffisants pour les tramways sur accotements qui sont de véritables chemins de fer.

On sait que primitivement M. de Freycinet ne voulait pas admettre plus de 6,000 francs pour la voie large et 5,000 francs pour la voie étroite. En outre, le projet du 16 décembre 1878 fixait un maximum

de 100,000 francs par département et de 1,000 francs par kilomètre qui ont été supprimés. Aujourd'hui la limite est portée à 400,000 francs comme pour les chemins de fer.

Mais il faut bien remarquer deux points essentiels et qui échappent trop souvent ; c'est que ne peuvent être subventionnées que certaines catégories de tramways et non pas toutes, savoir :

1° Ceux qui sont desservis par des moteurs mécaniques ;

2° Ceux qui sont affectés à la fois au service des voyageurs et des marchandises.

Ainsi, un tramway à traction de chevaux n'a droit à aucune subvention ; il en est de même si, employant la traction mécanique, on ne satisfait qu'à une seule des deux natures de transport. Cela est assez singulier et pourrait être utilement discuté, mais l'article 36 de la loi ne laisse à ce sujet aucune hésitation possible.

La loi du 15 juillet 1845 sur la police des chemins de fer est, d'après l'article 37, applicable aux tramways à l'exception des articles 4 à 10. Les principales exigences supprimées sont relatives aux clôtures, aux constructions qu'on ne pouvait élever à moins de 2 mètres des talus, aux matières inflammables qui devaient se trouver à plus de 20 mètres de la ligne, aux dépôts des matières de toutes sortes qui devaient se trouver en dehors des 5 mètres ; toutes clauses évidemment impossibles à appliquer aux tramways.

Enfin l'article 38 annonce un règlement d'administration publique déterminant certaines mesures de détails relatives aux tramways, spécialement :

1° Les conditions spéciales auxquelles doivent satisfaire, tant pour leur construction que pour la circulation des voitures et des trains, les voies ferrées dont l'établissement sur le sol des voies publiques aura été autorisé ;

2° Les rapports entre le service de ces voies ferrées et les autres services intéressés.

Ce règlement a paru le 6 août de l'année dernière. Il ne manque plus, d'ailleurs, pour que la série des documents relatifs aux chemins de fer d'intérêt local et aux tramways soit complète, que le règlement d'administration publique relatif aux dispositions de détails de la par-

ticipation de l'État à la subvention prévue par l'article 13 [1]. — Ce règlement s'applique, d'ailleurs, aussi aux tramways, puisque l'article 16 appartient également au deuxième chapitre.

Quant à l'article 39 ce n'est qu'une récapitulation indiquant que les autres articles, savoir : 4, 6 à 12, 14 à 19, 21 et 24, contenus dans le chapitre relatif aux chemins de fer, s'appliquent intégralement aux tramways.

Ainsi, les dispositions relatives à l'acte de concession, aux concessions nouvelles ou concurrentes aux embranchements ou prolongements, aux clauses du cahier des charges, à la déchéance, à la fin de la concession, à l'expropriation ou au rachat pendant la concession, sont calqués sur les mesures analogues prises pour les chemins de fer. Il en est de même des clauses relatives au remboursement des avances faites par l'État et les départements, aux transports gratuits que nous condamnons complètement, à l'émission des actions et obligations, aux comptes rendus détaillés et trimestriels des dépenses et des recettes, au contrôle, à l'extension de la loi aux chemins de fer déjà concédés, mais non exécutés, et enfin au droit fixe de 1 franc pour l'enregistrement.

Il faut véritablement reconnaître avec la Chambre des députés, qu'il n'y avait pas de raison sérieuse pour faire un second chapitre, ou plutôt une seconde loi, spécialement pour les tramways.

VII

Conclusions.

Notre conclusion générale sera brève, nos conclusions partielles ayant été tirées dans le courant de cette étude après chaque article.

En résumé, nous sommes en possession d'une loi nouvelle qui, on ne peut le nier, est un progrès réel sur celle de 1865 ; mais a-t-on bien atteint le but que l'on poursuivait ? Nous serions très heureux de dire oui ; nous sommes forcé de répondre non !

1. Ce règlement a paru depuis à l'*Officiel* du 26 mars 1882.

Comme nous l'avons dit à plusieurs reprises, le principe fondamental, qui rendait une nouvelle législation nécessaire était celui de la garantie d'intérêt; or, cette garantie n'est pas donnée, et la subvention allouée par l'État est beaucoup trop faible eu égard à celle qu'on exige des départements. Il en résulte que les départements riches seulement donneront de nouvelles concessions en conformité de la loi, et que l'on ne créera de nouveaux chemins de fer, que dans les contrées très peuplées et très productives, qui pourront donner des recettes suffisantes pour réduire d'une manière importante les chances à courir. On est donc en réalité fort loin d'avoir résolu le problème, qui consiste précisément à encourager le développement de ces sortes d'entreprises et à établir des voies ferrées dans les contrées pauvres et déshéritées, qui n'auraient jamais pu en espérer, abandonnées à leurs seules ressources.

Mais il y a un autre point de vue sur lequel nous désirons appeler l'attention des ingénieurs civils, qui, représentant les moyens d'exécution, doivent s'intéresser au plus haut point à l'avenir qui leur est réservé dans ces sortes d'affaires.

Nous nous imaginions, en effet, qu'après les classements nombreux de 1875 et 1879, après l'absorption complète de tous les chemins de fer ayant la moindre raison d'être au point de vue général et même d'un grand nombre qui ne l'avait pas, il nous resterait au moins ce qu'on est convenu d'appeler le réseau d'intérêt local ?

Eh bien ! c'était encore une illusion, et ce dernier élément de travail est sur le point de nous échapper. Les chemins de fer d'intérêt local passent lentement, mais sûrement, aux mains du corps départemental des ponts et chaussées qui les dédaignait à l'origine.

La situation est réellement grave et le danger très grand et tout à fait imminent. Non seulement on se voit forcé comme par le passé de faire à chaque phase du travail, des concessions contraires aux exigences de la pratique, mais aujourd'hui, tous les ingénieurs des départements ont une tendance marquée à s'imposer pour ces travaux et à accaparer dans leur sphère, l'industrie des chemins de fer d'intérêt local.

A la faveur de l'article 13, par lequel l'État donne une subvention, aux lignes concédées, les ingénieurs insinuent, que ces travaux leur reviennent de droit et usent de toute leur influence pour établir leur domination, même sur ce dernier réseau, le seul qui parût au premier

abord rester au génie civil et à l'industrie privée. Ils pèsent de tout le poids que leur donnent leur titre, leur prestige, leur grande influence locale, pour évincer tous ceux qui se présentent dans l'intention de faire des études. Ils persuadent les conseils généraux que ces travaux ne peuvent être exécutés que par eux. Nous les avons même quelquefois vu pousser la chose jusqu'à faire dire en séance par certains conseillers, que les études de compagnies particulières n'étaient pas admissibles au point de vue légal, qu'elles devaient être considérées comme non avenues et que l'État donnant une subvention n'accepterait pas d'autres études que celles faites par ses agents !

Eh bien ! en fait celui-là avait dit le mot juste et quoique le prétexte avancé fût spécieux, on sentait qu'il résumait bien au fond ce qui est dans la pensée de tout le corps. On met en jeu aujourd'hui tous les arguments même les plus étranges, ainsi que toutes les influences pour avoir à faire les *études* des chemins de fer d'intérêt local ; demain on parlera de construction, il n'y a pour cela qu'un pas à faire, et, si nous n'y prenons garde, après-demain ce sera l'exploitation qui sera en jeu.

Qu'en résultera-t-il donc à une époque relativement prochaine ? C'est qu'à côté du réseau des grandes compagnies presque entièrement entre les mains d'ingénieurs de l'État, détachés du service des ponts et chaussées ; après avoir vu donner officiellement aux mêmes ingénieurs en service actif le troisième réseau d'intérêt général ; on verra enfin le réseau d'intérêt local passer lui-même aux mains des fonctionnaires de l'État dans les départements. Nous verrons ceux-ci persuader de plus en plus aux assemblées départementales, que leur devoir et leur intérêt leur commandent de confier ces entreprises au personnel de l'administration, et nous continuerons alors plus que jamais à voir proscrire systématiquement de ces sortes d'affaires l'industrie privée, qui en sera réduite à s'exiler pour trouver du travail et faire valoir ses qualités.

Voilà le danger le plus grave qui nous menace, et l'on est vraiment frappé de son importance, quand on parcourt la province. On constate aisément alors que, c'est bien là le fond de la pensée de tous les agents administratifs, petits ou grands, que c'est une atmosphère qui vous englobe et qu'on respire partout, et que la catastrophe est imminente si l'on n'y prend garde. Le corps des ponts et chaussés n'a qu'un but : se transformer du haut en bas en corps officiel des chemins

de fer, en absorbant jusqu'aux plus petites artères. Or, il est impossible que nous continuions à assister dans un état d'impuissance aussi singulière que complète à cet envahissement de plus en plus caractérisée.

Il faut donc apporter un remède au mal!

Quel est ce remède?

Il est des plus simples; et notre éminent Président, M. Love, nous l'a signalé il y a longtemps : les Chambres n'auraient qu'à montrer dans cette question autant d'impartialité et de sens pratique qu'elles en ont fait voir à l'occasion de la réorganisation du corps d'État-Major!

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS D'AVRIL 1882

Séance du 14 avril 1882.

PRÉSIDENCE DE M. Émile TRÉLAT.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 31 mars est adopté.

M. LE PRÉSIDENT donne lecture de la lettre suivante, qu'il a reçue de la Société des Agriculteurs de France.

« Monsieur le Président,

« J'ai l'honneur de vous informer que la Société des agriculteurs de France organise son concours d'appareils élévatoires hydrauliques destinés à l'agriculture. Les essais, qui commenceront *le lundi 24 avril* prochain et dureront environ huit jours, auront lieu sur la berge de la Seine, au pied du Champ-de-Mars. La section de génie rural, chargée d'organiser ces expériences, a pensé qu'elles pourraient intéresser les membres de la Société des Ingénieurs civils. En conséquence, nous avons l'honneur de vous prier, Monsieur le Président, de vouloir bien nous annoncer ce concours en séance publique.

« En outre, et bien que la Commission des essais compte dans son sein plusieurs membres de la Société des Ingénieurs civils, MM. le comte de Salis, Chabrier, Morandiere, Liébault, Tresca fils, Decauville, etc., nous serions heureux si vous vouliez bien désigner un ou plusieurs délégués spéciaux qui se joindraient à nous à cette occasion et vous rendraient compte des opérations.

« Veuillez agréer, Monsieur le Président, l'assurance de ma considération la plus distinguée.

« *Le Président de la section du génie civil,*

« Comte DE SALIS. »

M. Giraud rend compte d'un rapport de la Commission nommée par la Société des Ingénieurs et Architectes de Vienne (Autriche), chargée de dresser un programme des mesures qu'il conviendrait de prendre, pour assurer enfin, dans la mesure du possible, la sécurité du public au théâtre.

A la suite de l'incendie du Ring-Théâtre de Vienne, l'attention publique fut vivement attirée sur tout ce qui se rattache à la construction et à l'exploitation des théâtres, et la Société des Ingénieurs et Architectes d'Autriche se trouvait naturellement désignée pour intervenir dans cette importante question.

Le rapport de la Commission, que je suis chargé de résumer très succinctement, traite la question au point de vue des principes, sans entrer, généralement, dans des détails d'application, qui, d'ailleurs, se trouvent aisément, une fois les règles bien établies; il recommande une série d'installations qui devraient être imposées à tous les théâtres. La plupart de ces installations ou aménagements sont connus; il suffira de les signaler en passant, et il n'y aura lieu d'insister que sur certaines dispositions nouvelles proposées pour la scène, le rideau notamment.

Les théâtres sont considérés comme étant composés de deux parties distinctes :

1° La scène, toujours dangereuse, où des matériaux combustibles sont accumulés en masse, et se trouvent forcément en présence du feu, cet élément vital du théâtre moderne; c'est là qu'éclatent presque tous les incendies.

2° La salle et ses abords, où l'on peut éviter plus facilement le danger de production d'incendie, et que l'on construit aisément avec des matériaux incombustibles.

D'après cela, les mesures proposées ont pour but d'isoler la scène d'une façon absolue, pour pouvoir en faire, au besoin, la part du feu, tout en s'appliquant, bien entendu, à y diminuer autant que possible, les chances d'incendie, et, par contre, de mettre la salle à l'abri de tout accident.

Les recommandations suivantes s'expliquent d'elles-mêmes :

Construire le gros œuvre en matériaux à l'épreuve du feu;

Isoler le théâtre de tous côtés;

En éloigner les dépôts de décors, magasins d'accessoires, boutiques cafés, logements;

Employer, autant que possible, le fer pour les aménagements intérieurs de la scène; et, en tout cas, rendre les bois et les décors moins inflammables;

Établir des escaliers et des corridors larges, bien tracés, uniformes d'allure, aérés et éclairés directement du dehors, par conséquent placés en façade; de nombreux escaliers de largeur moyenne, 2 mètres environ, sont préférables à des escaliers plus larges mais moins nombreux;

Séparer la scène de la salle par un gros mur, percé de très peu d'ouvertures en dehors de la grande baie de la scène, en évitant avec soin toute communication dans les combles.

La condition suivante paraît nouvelle : entourer la scène sur ses côtés et sur le fond d'autres murs résistants, dont tous les passages seraient fermés par des portes de fer, précaution qui doit aussi être prise pour le mur de la salle.

Contre ces murs et en dehors de la scène, il y aurait un ou plusieurs étages de corridors, construits à l'épreuve du feu, offrant un premier refuge au personnel, et facilitant singulièrement les secours. Les corridors donneraient, en outre, accès aux loges d'artistes, vestiaires, ainsi qu'à deux escaliers au moins, conduisant directement au dehors.

De cette façon, la scène, entourée de murs et séparée de la salle par le rideau dont il va être parlé, formerait un véritable foyer, dans lequel un incendie peut être abandonné à lui-même sans que l'ensemble de l'édifice soit compromis.

La couverture de la scène sera aussi légère que possible et munie d'orifices de ventilation permettant à la fumée de s'échapper.

Reste la question importante du rideau. Ainsi qu'il a déjà été dit, c'est sur la scène qu'éclatent presque tous les incendies ; journellement le feu s'y déclare ; souvent il est étouffé aussitôt, mais l'expérience prouve que, dès qu'un incendie prend franchement, les secours deviennent impuissants, et que le théâtre est perdu.

Depuis cent ans on ne compte pas moins de quatre cent soixante théâtres complètement détruits par le feu ; à partir de 1870, le chiffre moyen des incendies a été de treize par année, et on a calculé que la durée moyenne des salles de spectacle n'est que de vingt-deux à vingt-trois ans.

Ces quelques chiffres prouvent avec éloquence quel intérêt capital il y a de pouvoir intercepter, à un moment donné, toute communication entre la salle et la scène, lieu du danger.

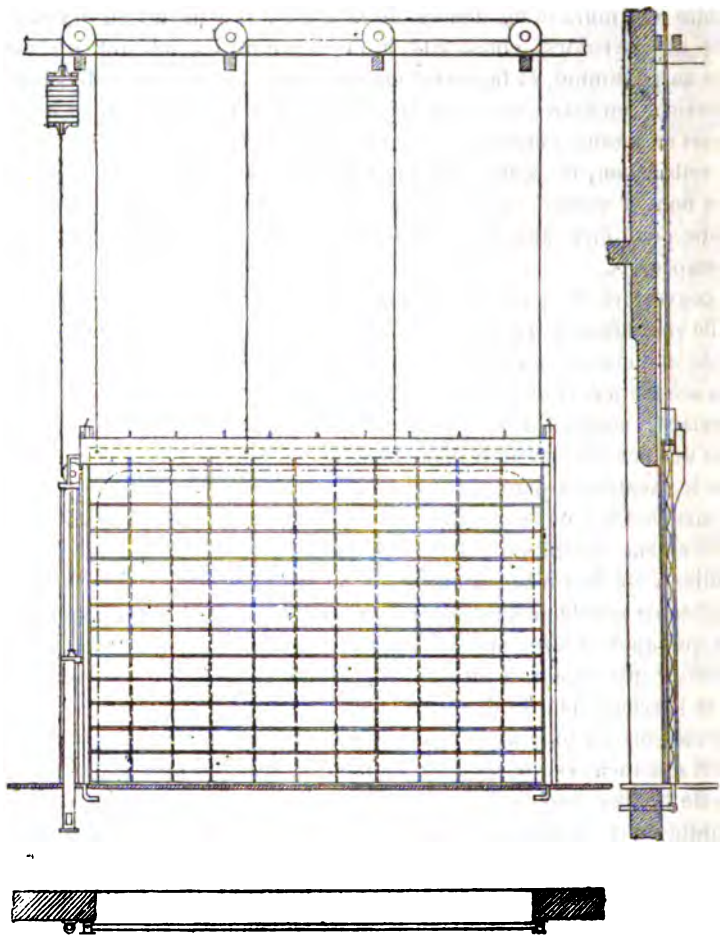
Les rideaux en toile métallique, que l'on emploie dans ce but, dans la plupart des théâtres, empêchent bien les décors et débris enflammés de la scène de tomber dans la salle, et cela au moins pendant le temps qu'il faut au public pour se retirer ; mais ils ont le grave inconvénient de laisser passer la fumée et les gaz de la combustion, c'est-à-dire ce qu'il y a de plus dangereux pour les spectateurs, car on sait que presque toutes les victimes des incendies périssent asphyxiées ou empoisonnées. De plus, la fragilité de ces toiles ne leur permet pas de résister bien longtemps à un incendie un peu violent ; la salle n'est donc pas préservée.

Les rideaux en tôle pleine offrent bien plus de sécurité ; mais, étant donné leur mode habituel de construction, il est douteux qu'ils puissent résister jusqu'à la fin d'un incendie ; on peut craindre, en effet, qu'ils ne s'affaissent lorsqu'ils sont exposés à une trop forte chaleur. La préservation de la salle est donc encore problématique.

Le projet de rideau préconisé par la Commission, et présenté par un de ses membres, M. Pfaff, a précisément pour but d'atteindre cet important résultat.

Le rideau se compose d'une série de tôles cintrées, fixées en rangées hori-

zontales contre des fers plats ou tirants verticaux, qui suspendent leur ensemble à une traverse supérieure. Les tôles sont placées du côté de la scène ; chauffées directement par les flammes, elles peuvent se déformer une



à une sans compromettre le rideau. Les tirants, placés du côté de la salle, et par conséquent à l'abri du feu, sont libres sur toute leur hauteur, sauf aux points de contact avec les tôles. Ils ne peuvent s'échauffer outre mesure, et se trouvent, de la sorte, dans de bonnes conditions de résistance.

Les tôles ont 1 millimètre 1/2 d'épaisseur.

L'ouverture de la scène est entourée d'un cadre creux ; les montants peuvent être en fonte, la traverse supérieure est solidement construite en tôle ; elle doit protéger le rideau contre les corps qui pourraient tomber des parties supérieures.

Lorsque le rideau est abaissé, sa traverse s'appuie sur toute sa longueur

sur la poutre en tête du cadre ; le rideau se trouve donc suspendu par les tirants à une pièce parfaitement rigide ; c'est ce qui explique sa résistance. Les montants lui servent de guides.

L'intérieur du cadre est en communication avec la distribution de la ville, et se trouve constamment rempli d'eau. La traverse supérieure porte des ajutages munis de bouchons fusibles. En cas d'incendie, les bouchons cèdent, des jets d'eau arrosent le rideau, et une circulation continue s'établissant, le cadre est refroidi, par suite mieux conservé.

Le rideau est équipé sur quatre poulies, au moyen de câbles en fil de fer, et équilibré par des contrepoids. Il est commandé par un élévateur hydraulique. La pression d'eau variant, la vitesse ascensionnelle variera aussi. Quant à la descente elle est réglée par un robinet de décharge commandé par des leviers placés en plusieurs points du théâtre. L'appareil hydraulique simplifie beaucoup la manœuvre. Dans le cas où la pression viendrait à manquer, le rideau ne pourrait pas se lever, ou bien tomberait tout seul, car l'appareil est disposé de façon à ne se maintenir à fond de course qu'autant que la pression d'eau agit.

La Commission ne voit là aucun inconvénient ; bien au contraire, elle estime fort ce moyen de prévenir automatiquement le public du manque d'eau, et par suite du danger qu'il y a de séjourner au théâtre.

Le rapport se termine par quelques considérations sur l'éclairage.

L'éclairage électrique est recommandé pour la scène ; pour la salle et ses abords l'éclairage au gaz peut être conservé sans inconvénient, et, si l'électricité intervient, ce sera plutôt pour augmenter les effets que pour une raison de sécurité.

Quel que soit le système choisi, il faudra toujours disposer de plusieurs sources de lumière, afin de prévenir les extinctions complètes, qui, à elles seules, peuvent occasionner des malheurs regrettables.

L'éclairage dit de secours devrait être transformé en éclairage supplémentaire, à l'huile ou à bougies, faisant partie intégrante de l'éclairage général et ayant assez d'importance pour ne pas pouvoir être négligé sans nuire à l'effet d'ensemble ; il y aurait, de la sorte, un contrôle constant de la part du public.

La Commission n'a pas abordé l'étude de la ventilation et du chauffage ; ces questions, toutes spéciales, auraient comporté trop de développements pour rentrer dans cette étude générale.

La traduction du rapport ainsi qu'un croquis du rideau de fer sont déposés à la Société ; on y trouvera des détails intéressants qui n'ont pu être mentionnés dans un compte rendu sommaire.

M. Quéruel. Le sujet qui vient d'être traité est très important, et bien qu'il ne soit pas porté à l'ordre du jour, je crois qu'on pourrait y ajouter quelques mots.

M. le Président. Je vous donne la parole, et si de vos observations il résulte qu'il y ait intérêt à ouvrir une discussion, nous n'y manquerons pas.

M. Quéruel. La question de la sécurité des théâtres est de celles qui doivent le plus intéresser les ingénieurs civils : j'ai déjà eu occasion de m'en occuper et de rechercher les conditions qui conviendraient le mieux pour assurer la sécurité du public. Le genre de rideau qu'il conviendrait d'adopter à une très grande importance. Il résulte de la communication que nous venons d'entendre que l'on paraît prendre la voie du rideau plissé, ou plutôt du rideau par fragments; cette disposition ne me semble pas la plus convenable. Déjà, j'ai proposé le rideau en fer, mais plein et rigide, parce qu'il n'y a pas de difficulté à enlever ces rideaux d'une pièce et à les fermer complètement sur les côtés. La question du rideau a été étudiée depuis longtemps, et dès, 1866, une proposition a été faite dans ce sens pour les théâtres de Paris, notamment pour l'Opéra[1].

Je l'ai déjà dit à la Société, il est extrêmement simple de mettre la scène à l'abri des incendies, c'est de l'inonder. Il y a de l'eau à Paris; on peut au moyen d'une colonne de 30 centimètres de diamètre et un vaste arrosoir jeter de l'eau à profusion et dans la scène et dans la salle, s'il est besoin. Je crois que ce système sera le moyen le plus radical d'en finir avec ces dangers, qui menacent le public dans les théâtres. Au surplus l'on pourrait revenir sur cette question, nous avons la garde de la sécurité publique, c'est à nous, ingénieurs civils, qu'incombe l'étude des questions qui s'y rapportent.

M. A. Moreau a la parole pour sa communication sur les chemins de fer d'intérêt local et la loi du 11 juin 1880[2].

M. le Président remercie M. A. Moreau de son intéressante communication qui se trouve publiée *in extenso* dans ce bulletin (page 385), et dont la discussion est remise à une prochaine séance; il rappelle à M. Moreau qu'il a promis de nous présenter comme deuxième partie de son travail, l'étude critique du cahier des charges relatif à l'établissement des chemins d'intérêt local.

M. Mékarski a la parole pour la suite de la discussion relative aux chemins de fer métropolitains de Vienne (Autriche), de Berlin, de Londres et de Paris.

M. Mékarski regrette de s'être trouvé dans l'impossibilité d'assister à la séance précédente, désireux qu'il était de relever de suite certaines appréciations contenues dans l'intéressant exposé de M. Schaller, sur le métropolitain de Vienne.

La question du mode de traction à employer sur les chemins de fer

1. Voir le *Bulletin*, année 1874, pages 644 et suivantes, trois mémoires sur l'Opéra.
2. Voir le Mémoire, page 385.

métropolitains des grandes villes, aériens ou souterrains, mérite assurément un examen approfondi; et si, comme l'annonce M. Schaller, la préférence a été accordée aux locomotives à eau surchauffée, par les auteurs du projet présenté pour le métropolitain de Vienne, on aurait tort de considérer cette décision comme le résultat d'une étude attentive et impartiale des divers systèmes susceptibles de fournir une solution satisfaisante, cette étude n'ayant pas été faite par M. Fogerty avec tous les éléments d'appréciation qu'il eût été équitable et prudent de réunir.

En ce qui concerne les locomotives à air comprimé, M. Mékarski croit pouvoir s'étonner de n'avoir pas eu l'honneur d'être appelé par M. Fogerty à lui fournir aucun renseignement sur un sujet dont on veut bien généralement lui accorder une certaine connaissance.

Puisque la cause a été jugée en dehors de tout débat contradictoire, en quelque sorte à huis clos, M. Mékarski pense que la Société voudra bien lui permettre d'en appeler de ce jugement devant elle et d'exposer les raisons qu'il se fût fait un plaisir de développer devant les ingénieurs anglais dont elles eussent peut-être modifié l'opinion.

Il est heureux d'ailleurs d'avoir une nouvelle occasion de démontrer l'inanité des objections élevées contre un système dont personne ne conteste les avantages tout spéciaux et que l'on peut aujourd'hui affirmer, en se basant sur des faits irrécusables, n'être inférieur à aucun autre sous le rapport économique.

M. Mékarski s'attaquera d'abord au raisonnement spécieux d'après lequel la locomotive à eau surchauffée utilisant directement la vapeur doit en dépenser moins que la locomotive à air comprimé par suite de la perte de puissance qu'entraîne forcément, dans ce dernier système, l'interposition du compresseur et de sa machine motrice entre la chaudière et l'organisme moteur qu'il s'agit de mettre en mouvement.

Il fera observer que cette manière de voir ne serait exacte que si la dépense de vapeur de la locomotive à eau surchauffée et du moteur employé à comprimer l'air n'était pas sensiblement différente. Or, il est loin d'en être ainsi, l'écart étant au contraire considérable.

On peut se rendre compte de l'erreur dans laquelle on tombe, quand on fait ce raisonnement, en s'assurant de ce que produit de travail le même poids de vapeur employé dans les conditions de fonctionnement des machines fixes à longue détente et condensation et dans celles des locomotives à eau surchauffée.

Il convient d'abord de remarquer que, dans ces dernières machines, les cylindres doivent être calculés de façon que la locomotive puisse développer non seulement son effort normal, mais même celui bien supérieur qui est nécessaire pour le démarrage, jusqu'à la fin du trajet qu'elle est appelée à fournir, c'est-à dire alors qu'on ne dispose plus que d'une pression assez faible.

Cela étant, on doit, dès l'origine, laminer la vapeur pour ne la faire agir

qu'à une pression peu différente de la pression finale; car on sait que l'organisme moteur des locomotives ne permet guère de détendre dans de bonnes conditions à plus de deux volumes et demi.

Le régime normal de fonctionnement est ainsi déterminé à chaque instant par la pression au-dessous de laquelle il convient de ne pas descendre; c'est-à-dire que la machine travaille constamment, comme si elle était alimentée par une chaudière à basse pression.

Admettons que la limite inférieure de température de l'eau chaude qui constitue l'approvisionnement de force de la machine soit de 140 degrés, ce qui ne laisse qu'un écart de 60 degrés pour la vaporisation spontanée d'une partie du liquide : la pression absolue correspondante est de 3k,695.

Introduite à cette pression dans une machine motrice sans condensation, et détendue à deux volumes et demi, la vapeur développe sur les pistons un effort moyen de 2k,83 par centimètre carré, soit net 1k,68 en déduisant la contre-pression atmosphérique.

Si maintenant on cherche à quelle pression il faudrait l'employer pour obtenir le même effort moyen dans une machine à condensation, détendant à dix volumes, on trouve que cette pression est de 5k,55 absolus ou 4k,50 effectifs, ce qui correspond à une température de 155 degrés.

Ainsi, à des températures et des pressions très voisines, on dépense dans le premier cas un volume de vapeur quadruple de celui qui suffit dans le second.

Le poids du mètre cube de vapeur à 140 degrés étant de 1k,90 et à 155 degrés de 2k,75, la dépense en poids est respectivement, pour la même puissance brute, 7k,60 et 2k75.

D'autre part, les résistances passives absorbent certainement dans le moteur fixe une moindre proportion de la force brute que dans la locomotive. Si l'on admet que le rendement de la première soit de 0k,75 et celui de la seconde 0k,60, on arrive finalement à trouver que la locomotive à eau surchauffée dépense près de quatre fois plus de vapeur que la machine à condensation, pour le même effet utile, sans tenir aucun compte des pertes de chaleur par rayonnement qui se produisent inévitablement sur la prenière pendant la marche.

Il n'y a rien de semblable à craindre avec l'air comprimé, qui peut être conservé en quelque sorte indéfiniment dans des réservoirs bien construits. Aux personnes qui en douteraient, M. Mékarski peut faire voir une locomotive chargée à Clermont-Ferrand, en septembre 1880, et actuellement encore en pression.

Ces explications feront sans doute comprendre que le rendement dont sont frappées les locomotives à air comprimé, par rapport au moteur qui les alimente, ne leur constitue aucunement une infériorité sur celles à eau surchauffée, que l'on est en droit de considérer comme frappées aussi d'un rendement de 0k,25, si on les compare au moteur fixe. Le reproche si souvent adressé au premier système de donner lieu à une perte de force a

comme contre-partie la possibilité d'utiliser la vapeur d'une façon infiniment plus avantageuse, ce qui ne permet pas équitablement de se prononcer avant d'avoir vérifié expérimentalement de quel côté est la moindre dépense.

La question serait aujourd'hui facile à élucider : des locomotives des deux systèmes, du même poids, fonctionnent dans des conditions identiques, à Lille et à Nantes. Rien ne serait plus simple que de constater la dépense de vapeur des unes, la dépense d'air des autres et de convertir celle-ci en vapeur en vérifiant la production des compresseurs, par cheval et par heure.

Il est permis de regretter que M. Fogerty et ses collaborateurs n'aient pas jugé utile de procéder à une expérience de ce genre avant de prendre une décision qui ne saurait être sans cela considérée comme suffisamment justifiée.

Il y a d'ailleurs de sérieux motifs de croire qu'avant de ratifier cette décision, le conseil municipal de Vienne, tiendra à s'éclairer plus complètement sur la question que ne l'ont fait les auteurs du projet, car il est bon de dire que ce projet n'est pas encore définitivement adopté, au moins dans toutes ses dispositions.

Le système de traction à employer mérite d'autant plus d'arrêter encore l'attention du conseil, que celui à eau surchauffée ne supprimerait pas tous les inconvénients qui ont fait écarter les machines à foyer, notamment le panache de vapeur.

On aurait tort de considérer ce détail comme sans importance, même pour un chemin de fer aérien : l'expérience à fait voir, en effet, à New-York, que par l'ombre tourbillonnante qu'il projette dans les rues, et qui se déplace avec la machine, le panache est pour les chevaux une cause d'effroi qui peut déterminer des accidents.

On annonce, il est vrai, que la vapeur sera condensée par des appareils à circulation d'air, mais il sera permis de rappeler que des essais ont déjà été faits dans ce sens et n'ont pas donné de résultats satisfaisants. On n'est donc pas encore en droit d'affirmer que cette difficulté sera convenablement résolue.

Si de Vienne nous revenons à Paris, où, malgré les objections qu'elle soulève, la solution souterraine a d'assez nombreux partisans pour que son adoption soit probable, il est impossible de méconnaître que l'échappement de vapeur serait dans ce cas un inconvénient très sensible, car il entretiendrait dans les galeries une humidité et une température élevée pour le moins fort désagréables.

Il y a encore à examiner si, dans ces conditions, les galeries seront suffisamment aérées par les cheminées de ventilation et les parties à découvert. Il ne suffira pas de ne pas brûler de charbon pour éviter l'accumulation de gaz méphitiques dans le souterrain, diverses autres causes et notamment la respiration des voyageurs en produiront constamment une certaine quantité qui tendra à se rassembler dans les points bas, en raison de la

pesanteur spécifique de ces gaz. Comment l'en chassera-t-on, si ce n'est en apportant artificiellement de l'air nouveau, ce que feraient, sans dépense supplémentaire, les locomotives à air comprimé.

M. Mékarski examinera enfin le seul point sur lequel il semble qu'on puisse accorder une certaine supériorité aux locomotives à eau surchauffée, la plus grande simplicité de leur installation alimentaire. Elles ne nécessitent en effet que des chaudières tandis que l'air comprimé exige en outre des machines motrices et des compresseurs.

En retour, les chaudières fonctionnent dans le premier cas sous une pression beaucoup plus élevée, essentiellement instable, ce qui en rend la conduite plus délicate, partant plus dispendieuse. Il faut en outre, que ces chaudières soient placées au terminus même de chaque ligne, tandis que l'air comprimé peut être envoyé de plusieurs kilomètres de distance, ce qui permettrait d'alimenter tout un réseau par une seule usine.

Une autre remarque à faire, c'est qu'indépendamment de toutes les dispositions qui pourront être prises pour l'abréger, l'opération du chargement sera toujours beaucoup plus lente dans le système à eau surchauffée.

Dans les deux cas, en effet, les appareils alimentaires doivent obligatoirement produire la quantité de vapeur ou d'air nécessaire au chargement dans un temps égal à l'intervalle entre deux trains consécutifs, mais avec l'air comprimé l'opération ne dure pas forcément autant, car la machine peut emprunter très rapidement à des réservoirs d'accumulation la plus grande partie de son approvisionnement. Ces réservoirs constituent une sorte de volant qui emmagasine la production des compresseurs pour la restituer en quelques instants à la locomotive.

La pression peut d'ailleurs sans inconvénient y flotter entre d'assez larges limites et rester inférieure à celle qu'il faut atteindre dans la locomotive : une fois celle-ci en équilibre de pression avec les réservoirs, une manœuvre de robinet permet de compléter le chargement par l'action directe des compresseurs jusqu'à la valeur qu'il ne faut pas dépasser; on est alors averti que l'opération est terminée par le fonctionnement d'une soupape de sûreté chargée en conséquence.

Dans le système à eau surchauffée ce volant n'existe pas, car la chaudière étant en équilibre de température et de pression avec la locomotive à la fin du chargement, la vapeur qu'elle vient de fournir a dû être produite pendant la durée même de l'opération. Pour gagner quelque chose à cet égard il faudrait que la température dans la chaudière fût, avant le chargement, supérieure à la limite à atteindre dans la locomotive et que le volume d'eau fût assez grand.

Ces conditions ne sont guère faciles à réaliser si l'on considère que la température de chargement est de 200 degrés et qu'à cette valeur la pression augmente de $3^k,5$ pour une variation de 10 degrés.

Un autre fait ressort de cette observation, c'est qu'une installation de ce genre s'accommodera fort mal des irrégularités qui ne manqueront pas de

se produire dans une exploitation aussi active que celle d'un chemin de fer métropolitain.

Si lorsqu'un chargement se terminera ou n'est pas en mesure de remplacer de suite la locomotive, il faudra arrêter d'une façon quelconque la vaporisation, pour que la pression ne s'élève pas trop dans la chaudière; il faudra ensuite la forcer pour regagner ainsi le temps perdu.

Dans l'installation de Marly, où les chargements se succèdent à d'assez longs intervalles et où la puissance de vaporisation de la chaudière est notablement supérieure à celle correspondant à la condition énoncée, on se tire d'affaire en alimentant après chaque opération. La chose serait-elle aussi simple, s'il fallait faire partir un train toutes les cinq minutes? Ou bien la chaudière sera plus forte qu'il ne serait strictement nécessaire, alors on aura quelque peine à la gouverner; ou elle sera proportionnée à la production normale, alors comment reprendra-t-on l'avance s'il se produit des retards?

Il est d'ailleurs permis de prévoir que le voisinage de chaudières fonctionnant à plus de 15 atmosphères et vaporisant par heure, dans ces conditions d'instabilité, plusieurs milliers de kilogrammes d'eau, ne laissera pas que d'être assez dangereux, ce qui soulèvera probablement pour leur installation certaines difficultés.

M. Mékarski rappelle que si le système à eau surchauffée a reçu une application pratique sur le tramway de Rueil-Marly, établi en rails saillants et exploité à la façon d'un chemin de fer, avec arrêts seulement en des points déterminés, les locomotives à air comprimé ont fait également leurs preuves depuis plus de trois ans sur les tramways de Nantes où elles effectuent un service infiniment plus actif et difficile.

Elles ont aujourd'hui fourni 99,820 courses, constituant un parcours total de 1,061,206 kilomètres, et l'installation n'a faibli dans aucune de ses parties.

Quant au prix de revient de cette traction, il ressort à 0 fr. 38 par kilomètre parcouru y compris les frais d'entretien des machines et des voitures. Ce chiffre est le plus bas qui ait été obtenu sur les tramways français. A Paris en particulier la traction animale coûte environ 0 fr. 58 aux Compagnies Nord et Sud et 0 fr. 73 à celle des Omnibus.

Il est intéressant de mettre en regard les dépenses de la traction à apeur employée actuellement à Rouen, sur la ligne qui suit les quais de la Seine, et, à Paris, sur celle de Courbevoie à l'Étoile.

La première exploitation coûte, d'après le rapport officiel de la compagnie, 0 fr. 72 par kilomètre parcouru, non compris l'entretien des voitures.

La seconde a coûté en 1881 plus de 1 franc par kilomètre de voiture remorquée, non compris l'entretien des voitures.

Le nombre de machines est de 23 à Rouen, 22 à Paris et à Nantes; or, le nombre de kilomètres parcourus a été sur cette dernière ligne, en 1881, de 401,934 contre 284,305 à Rouen et 316,078 à Paris; encore ces derniers chiffres se rapportent-ils au parcours effectué par les voitures qui sont fréquemment attelées en double. On voit que la perte de puissance qu'il entraîne n'empêche aucunement l'air comprimé d'être un moteur plus économique que la vapeur elle-même, dans certains cas spéciaux.

Il y aurait lieu de s'étonner, après de semblables résultats, que, sans entrer dans l'examen des faits, on se prononce aussi légèrement contre ce système, si l'on ne savait combien une chose nouvelle a de peine à se faire accepter lorsqu'elle choque les idées reçues. Il faut espérer que, grâce à la persévérance de ses promoteurs, celle-ci ne tardera pas à triompher des préventions dont elle est l'objet.

M. LE PRÉSIDENT. Messieurs, la discussion immédiate de l'exposé qui vient d'être fait si nettement par M. Mékarski tendrait à cantonner la question dans les détails avant d'avoir épuisé l'examen de l'ensemble, ce qu'il y a, je crois, intérêt à éviter. Je donne, en conséquence, la parole à M. Armengaud jeune qui l'a demandée pour la question générale.

M. ARMENGAUD jeune. Messieurs, je n'ai pas à revenir sur les considérations qui expliquent l'importance du chemin de fer métropolitain ; tout le monde est d'accord sur la nécessité de créer, à Paris, des moyens de circulation faciles et rapides ; mais il y a divergence lorsqu'il s'agit du système à appliquer.

Il y en a deux en présence; celui d'un chemin de fer souterrain, préconisé par l'administration ; et le système d'un chemin de fer métropolitain à air libre, soit à niveau, soit en élévation.

Aujourd'hui, je voudrais vous entretenir d'un projet qui a eu un certain retentissement ; c'est le projet présenté par mon honorable ami, M. Heuzé. Si la modestie ne le retenait, c'est lui qui devrait être ici à ma place pour vous présenter son système. D'ailleurs, la tâche sera facile, car il a pris soin de faire distribuer avant la séance, des gravures qui donnent une idée très nette de son projet.

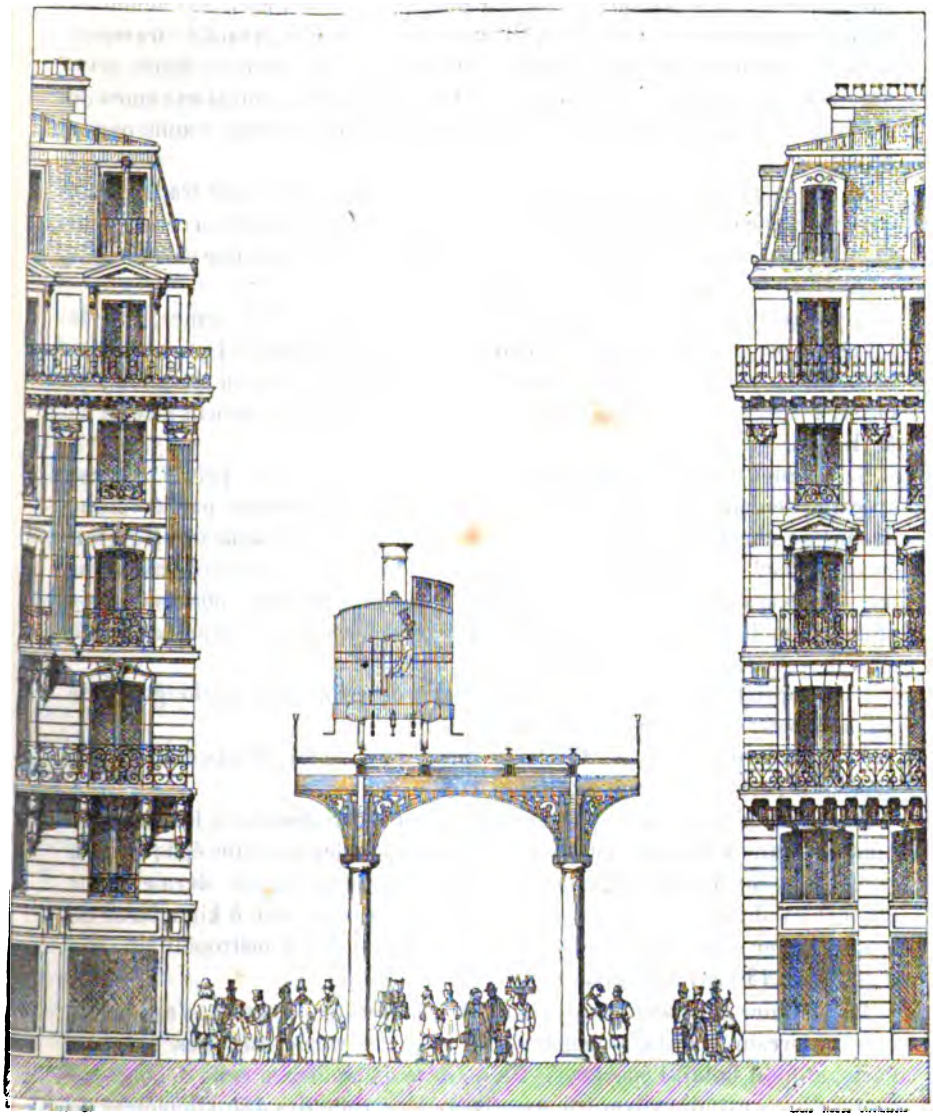
Le but que s'est proposé M. Heuzé, est de donner satisfaction aux conditions réclamées par la ville de Paris, qui sont de ne rien changer aux habitudes, de circuler en plein air et en pleine lumière, et de ne pas troubler la voirie existante.

Le caractère du projet consiste à pratiquer une voie nouvelle, destinée à loger le chemin de fer métropolitain. La partie principale de ce chemin de fer sera placée dans une voie transversale, et cela, parce que c'est la première condition à laquelle il convient de satisfaire. Vous connaissez parfaitement le plan des rues de Paris et vous savez que les voies sont abondantes dans le sens longitudinal, vous avez les boulevards du centre, les boulevards extérieurs, les quais ; tandis qu'au contraire, dans le sens transversal, on

remarque que les voies sont insuffisantes, et qu'il faut absolument par mesure de sécurité supprimer le trop plein fourni par la circulation.

CHEMIN DE FER A AIR LIBRE DANS UNE VOIE PRIVÉE

Passage couvert pour piétons



Vous savez que, malgré le boulevard de Sébastopol, qui est très encombré, dans le faubourg Saint-Martin, le faubourg Saint-Denis, le faubourg du

Temple, la circulation est très difficile. Il y a donc lieu de la faciliter et de créer des affluents dans le sens perpendiculaire à la Seine.

Le projet de M. Heuzé tend à réunir des points extrêmes entre lesquels il y a lieu d'établir de nouvelles voies de communication.

Il prend son point de départ à la gare du chemin de fer du Nord ; puis, par une petite bifurcation, il arrive au chemin de fer de l'Est ; la voie transversale continue ; à un certain point, elle peut se raccorder avec un chemin de fer circulaire, dont je dirai quelques mots tout à l'heure. Avant de traverser la Seine, elle longe les halles, l'hôtel des Postes ; puis, après la Seine, cette voie aboutit à la gare Montparnasse. Ainsi donc, deux points extrêmes de Paris entre lesquels il n'y a pas de communication, seraient réunis par ce projet.

M. Heuzé propose, mais pour plus tard, de compléter sa voie transversale par une ligne circulaire, rive gauche et rive droite, formant un cercle dont la voie transversale sera une sorte de diamètre, et d'établir une liaison continue entre les gares de chemins de fer de Paris.

Il y a quelques années, M. Vauthier, qui assiste à cette séance, a présenté un projet qui peut se relier avec celui de M. Heuzé : il proposait les boulevards extérieurs pour y installer un chemin de fer en élévation ; je laisserai à M. Vauthier le soin de développer son projet, je reviens à celui de M. Heuzé.

Sa longueur serait de 5 kilomètres ; il suivrait une voie privée ou rue spéciale, seulement accessible aux piétons, qui serait remplie par le viaduc destiné au chemin de fer ; les voitures ne seraient pas admises. Il paraît en effet absolument impossible de mettre un chemin de fer en élévation sur les boulevards et les rues existantes : les propriétaires pourraient s'y opposer, tandis que si on a exproprié dans ce but, les propriétaires sauront à quoi ils s'exposent en faisant construire.

L'expropriation est évaluée à cent millions de francs pour une longueur de 5 kilomètres sur une largeur de 13 mètres.

A la dernière séance, M. Chrétien disait qu'il ne fallait pas craindre de démolir à Paris : je suis assez de son avis.

M. Heuzé n'est du reste pas un innovateur pour démolir à Paris. Si on remonte à une trentaine d'années, on voit que depuis cette époque on a percé plus de 120 kilomètres de rues et boulevards, ces derniers sur 30 mètres de largeur. Qu'est-ce par rapport à cela, que 5 kilomètres de longueur que demande M. Heuzé, pour le chemin de fer métropolitain, qui n'aura que 13 mètres de largeur ?

M. Vauthier a présenté dans la dernière séance une objection, c'est que le prix du terrain était extrêmement élevé et que la voirie était très chère à Paris, et qu'il fallait l'épargner. On peut se demander si cette dépense de cent millions est excessive, comparativement à celle des 120 kilomètres de boulevards, percés jusqu'à présent et qui ne répondent pas aux besoins voulus.

Je ne veux pas trop m'étendre sur ce projet, je ne reviendrai pas sur la

critique qui a été faite au chemin de fer métropolitain en sous-sol; la dépense de cent cinquante millions sera certainement doublée; les travaux interrompront longtemps la circulation des voitures et des tramways; il faudra prolonger la rue Réaumur, couper les égouts, les conduites d'eau et de gaz, les fils téléphoniques, les tubes pneumatiques, etc.; enfin, la voie devra passer en contre-bas des hautes eaux de la Seine; le sol devra être bouleversé sur un long parcours, on rencontrera un sol qui a été occupé par des cimetières, de l'eau évidemment. Un danger incessant résultera des pentes exagérées, des rayons de faible courbure, des croisements: toutes ces considérations ont été très bien développées par M. Chrétien, je ne m'y arrêterai pas; j'insisterai surtout sur l'antipathie du public.

On nous oppose toujours le fait existant à Londres: nos habitudes ne sont pas les mêmes que celles des Anglais. De plus, je tiens d'un ingénieur de la ville le fait suivant: c'est qu'à Londres, sur une grande étendue du parcours, la compagnie a fait raser autant qu'elle a pu les maisons, et la voie d'abord souterraine finira par devenir à air libre. Je dirai que je ne pense pas que les Parisiens s'habituent jamais à ce voyage en sous-sol. On se demande si vraiment quelqu'un qui habite du côté de la rue de Rivoli, pour aller au boulevard Poissonnière, voudra prendre le métropolitain souterrain; tandis qu'avec la voie transversale, vous débarrassez les voies de Paris, surtout du trafic important des halles et marchés; et enfin, vous donnez aux Parisiens la satisfaction d'avoir une voie nouvelle en plein air et en pleine lumière, avec l'avantage de former sous le viaduc ferré un passage couvert, sorte de grande galerie pour les piétons.

Ainsi donc, si on réalisait le projet de M. Heuzé, Paris posséderait un chemin de fer transversal établi de manière à ne rien changer à l'état actuel de la voirie et desservant toutes les gares, les halles et les postes.

M. le Président demande à M. Soulié, ingénieur des ponts et chaussées, qui a été invité à assister à la séance, de vouloir bien nous donner quelques explications sur le projet de métropolitain étudié en ce moment par l'administration.

M. Soulié ne pensait pas qu'il serait prié de prendre la parole sur le projet à l'étude, il n'est donc pas préparé; toutefois, sur l'insistance de M. le président, il veut bien répondre sommairement aux critiques présentées.

M. Soulié. Les difficultés d'exécution du chemin de fer souterrain proviennent des égouts et de la nappe d'eau d'infiltration. Les plans des égouts de la ville sont connus, les prix du mètre courant d'égouts sont aussi connus, on peut donc se rendre compte des difficultés à vaincre. Quant à la nappe tout le monde sait que par les épuisements on arrive à assécher le terrain de telle façon que les travaux y sont tout aussi faciles que dans les terrains avoisinants.

On parle d'épidémie, mais on fait des égouts tous les ans à Paris sans aucun inconvénient.

Une autre objection c'est celle des pentes et courbes. M. Francq dans la dernière séance vous a dit qu'à Rueil avec des machines à vapeur surchauffées, il gravissait des rampes de 60 millimètres, et passait dans des courbes de 25 mètres de rayon. Il n'y a pas de déraillement à Rueil.

M. Soulié a constaté qu'à Nantes, dans les tramways à air comprimé dans des courbes de très faible rayon il n'y avait pas non plus de déraillements.

L'aération est difficile à Londres parce qu'on emploie des machines à foyer. Si à Paris on emploie des machines à vapeur surchauffée ou des machines à air comprimé, comme le disait tout à l'heure M. Mékarski on n'aura pas les inconvénients de Londres.

Nous supposons, en outre, dans notre projet qu'une cheminée d'aérage sera construite tous les 50 mètres. Le chemin de fer étant coupé par des stations très rapprochées, l'aération se fera dans de très bonnes conditions.

On dit aussi que nous ne nous raccordons pas avec les gares actuelles ; mais nous avons prévu des raccordements avec le chemin de fer de l'Ouest, le chemin de fer de ceinture, le chemin de fer de Vincennes. La Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée demande que l'on exécute une galerie couverte entre sa gare et celle du métropolitain sans raccordement de voies. Pour les Compagnies du Nord et de l'Est il sera facile de faire des raccordements, s'il y a lieu, après conférences avec ces Compagnies, conférences qui ne pourront s'ouvrir que quand nous serons concessionnaires.

Je crois avoir répondu en quelques mots aux principales objections qui ont été faites jusqu'ici.

Maintenant si la Société des Ingénieurs civils, que je remercie de m'avoir invité à assister à la séance, désire une communication développée sur le projet, je me tiens à sa disposition pour la lui donner.

M. le Président. Certainement, nous serons très heureux de la recevoir.

M. Chrétien. Il n'est pas facile de critiquer un projet indiqué aussi sommairement. Toutefois, M. Soulié a oublié une objection importante, c'est celle de nous faire voyager sous les égouts. Je crois que c'est peut-être la principale ; d'autre part, M. Soulié nous dit qu'on ne rencontrerait pas de nappe d'eau : cela ne me semble pas exact. Je sais qu'on rencontre des nappes d'eau autres que celles indiquées sur les profils du projet du métropolitain ; par exemple, vers le Château-d'Eau, au coin du boulevard Saint-Martin et de la rue du Temple, il existe un pâté de maisons que j'ai vu construire en 1868, et j'ai remarqué qu'elles étaient bâties sur pilotis. Alors, sur quoi construira-t-on le souterrain qui doit passer au même endroit ? Il y a là une certaine étendue de sol qui n'est pas seulement le sable moyen prévu.

Sur un autre point, vers la rue Auber et la traversée des boulevards, les

profils n'indiquent également que du sable moyen et aucunement la nappe d'eau qui est si connue. Nous savons cependant que, lorsqu'on a construit l'Opéra, on a rencontré un vrai ruisseau qui a occasionné des dépenses considérables. Cela ne rentre pas dans les conditions ordinaires des égouts.

D'un autre côté, pour les rues très fréquentées, si on est obligé de mettre à découvert la largeur presque entière de la rue, il y aura interruption de la circulation, et comme l'autorité municipale ne voudra pas permettre cette interruption, les transports et les travaux devront se faire en souterrains, et alors cela coûtera des prix supérieurs à ceux des égouts actuels.

De ce que M. Soulié nous a dit on pourrait conclure qu'il n'y a pas à se préoccuper des courbes et des rampes prévues, que ce n'est rien.

Évidemment, ce n'est rien mais quand on n'en abuse pas; dire qu'un chemin de fer avec des courbes et des rampes offre les mêmes garanties de sécurité qu'un chemin de fer en ligne droite, ne me paraît pas admissible. Pour moi, je crois qu'un mécanicien sera fort embarrassé de modifier l'allure de son train, s'il rencontre à chaque instant les montées et les descentes dont on a parlé. Avec les arrêts fréquents et le parcours en tunnel; je crois qu'il serait exposé à beaucoup d'accidents, ou tout au moins que c'est exiger de lui une attention soutenue difficile à réaliser en pratique.

M. Chapuis. J'ai été invité à la séance, je n'ai pas l'honneur d'appartenir à la Société des Ingénieurs civils; je suis dépositaire d'un plan de chemin de fer aérien, et, au sujet du chemin de fer souterrain, je ferai, si vous voulez me le permettre, quelques observations. Je ne m'explique pas qu'on ait eu l'idée de faire passer ce chemin de fer sous le sol, quand il y a tant de moyens de faire autrement, et qu'avec les chemins de fer aériens il était si facile d'arriver à une solution. Je trouve que Paris a, par ses égouts, assez de réservoirs d'air malsain et qu'il ne peut être que nuisible d'en établir d'autres pour y faire circuler le public; il faut prendre cela en considération : faire voyager les gens à l'air et à la lumière vaut mieux que les faire voyager sous terre; on aime mieux être hirondelle que taupe.

M. Soulié. On vient de reprocher à notre projet d'être constamment en souterrain; c'est une erreur, nous sommes sur viaduc le long du boulevard de Grenelle, et dans la traversée de la Seine. Nous n'avons pas de parti pris pour adopter un système tout souterrain ou tout aérien, et nous regrettons de ne pouvoir accroître la longueur construite au-dessus du sol.

Mais nous avons cru devoir tenir compte de la manière dont Paris est bâti, et nous avons pensé qu'il fallait faire un chemin de fer métropolitain, pour Paris et non pas un Paris pour le chemin de fer métropolitain.

Répondant à une observation de M. Chrétien sur la quantité considérable de terres à remuer, M. Soulié fait observer qu'un égout du type n° 3 a des dimensions à très peu près suffisantes pour contenir une voie ferrée. Que l'on suppose deux égouts type n° 3 dans la même rue et l'on se rendra compte du travail à exécuter.

M. le Président. Cette discussion ne peut pas se continuer aujourd'hui; l'heure est très avancée et nous avons des élections à faire; elle sera reprise non pas à la prochaine séance, mais à la suivante. Si M. Soulié veut bien nous faire l'exposé du projet de l'administration nous l'écouterons avec intérêt.

M. Soulié. Je ne demande pas mieux que de faire une communication, en éliminant toutefois la description que tout le monde connaît aujourd'hui.

M. le Président. Nous vous en serons très obligés.

M. Quéruel. Comme nous n'avons, dans ce mois, qu'une seule séance et que la question du métropolitain est des plus intéressantes, ne serait-il pas convenable de faire une séance supplémentaire? Nous avons encore deux vendredis d'ici à la fin du mois; cette séance serait parfaitement remplie par cette discussion interrompue.

M. le Président. La proposition est intéressante elle sera examinée par le bureau.

Messieurs, vous avez à compléter l'élection qui n'a pas pu se faire dans la dernière séance et qu'il est indispensable de terminer aujourd'hui : c'est celle des membres du jury du prix Nozo.

Il est procédé au vote qui donne le résultat suivant :

Membres titulaires : MM. Deghilage, Pontzen et Rubin;
Membres suppléants : MM. Molinos, Moreau et Chabrier;

MM. Bourgon Duclos, Mazières et Arnault de la Minardière ont été reçus membres sociétaires.

La séance est levée à onze heures.

Séance du 28 avril 1882.

Présidence de M. Émile Trélat.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

M. le Président. J'ai à vous parler d'un deuil bien gros, que vous connaissez tous, du décès de M. Henri Giffard, cet ingénieur éminent, ce puissant inventeur, ce chercheur, cet esprit original, sur lequel il n'est pas possible de parler au pied levé. J'ai ici entre les mains des propositions de biographie spéciale de M. Giffard, qui seront présentées au Comité. J'ai également à vous faire part du décès de M. Duteil, inspecteur du chemin de fer de l'Est.

M. le Président annonce ensuite que, M. Fousset vient de recevoir la croix de la Légion d'honneur, à l'occasion de l'ouverture du chemin de fer de campagne de Mécheria.

M. Fousset, ajoute M. le Président, a construit en deux cent quarante jours, ces 117 kilomètres de chemin de fer, sur les hauts plateaux du sud Oranais; et l'on peut maintenant les parcourir en six heures. Nous ne pouvons qu'être fiers pour notre part de l'heureuse solution de cette énorme tâche.

M. Quéruel a la parole pour sa communication sur les considérations expérimentales sur la thermodynamique[1].

M. Quéruel croit utile, avant d'aborder la question thermodynamique, d'exposer le mode de procéder de l'école alsacienne dans ses expériences sur les machines à vapeur. On sait que cette méthode est l'œuvre de M. Hirn, l'un des promoteurs de la thermodynamique.

Cette méthode consiste dans l'analyse du diagramme par les diverses quantités de chaleur qu'accuse la courbe. La base du calcul repose sur la limite d'admission, sur laquelle toutes les déductions sont faites, et la chaleur retrouvée au condenseur en est la contre-partie.

1. **NOTA. — Dans la séance du 19 mai, M. Brull, vice-président, prendra la parole sur cette communication.**

Nota. La Société n'est pas responsable des opinions de chacun de ses Membres, même dans la publication de ses Bulletins. (Art. 35 des Statuts.)

Nul n'a le droit de reproduire les discussions de la Société sans une autorisation du Bureau. (Art. 78 du règlement.)

La limite d'admission de la vapeur dans le cylindre est déterminée arbitrairement sur le graphique du diagramme, c'est-à-dire au point de la courbe qu'on suppose être cette limite. A la chaleur retrouvée au condenseur, M. Hirn ajoute celle qu'il suppose s'être convertie en travail dont la valeur est représentée par le travail *indiqué* et *complet* du diagramme.

M. Quéruel a déjà eu occasion de dénoncer le procédé empirique souvent employé pour déterminer le cube de vapeur initiale de chaque cylindrée. Ce procédé contient, suivant lui, deux causes d'erreurs. La première est l'impossibilité de fixer exactement le point d'occlusion; ce qui constitue une base de calcul indéterminée. La deuxième est la vaporisation ultérieure pendant la détente, vaporisation dont le quantum devient également une autre valeur indéterminée.

La chaleur convertie en travail est également incorrecte. La logique indique que les mouvements de chaleur sont restreints aux détentes ou aux compressions, et que les périodes d'écoulement sont sans effet. En d'autres termes, que dans l'aire du diagramme, le triangle curviligne représente seul la fonction de l'équivalence, la partie rectangulaire y demeurant tout à fait étrangère. C'est un point sur lequel M. Quéruel appelle toute l'attention et sur lequel il reviendra dans le sujet thermodynamique.

On aurait pu croire que le savant analyste M. Zeuner aurait relevé ces graves incorrections; mais le silence qu'il garde à leur égard fait supposer qu'il admet ces points particuliers de la méthode de M. Hirn et qu'il en partage les conséquences. M. Quéruel en prend acte.

Mais si M. Zeuner est d'accord avec l'école alsacienne sur ces deux points, il diffère d'opinion sur des détails. C'est ainsi qu'il conteste l'exactitude de l'indication au diagramme de la pression effective dans le cylindre pendant la période d'admission. Selon lui, l'entrée tumultueuse de la vapeur, le remous qui en résulte faussent l'indication.

M. Hirn attribue uniquement aux parois métalliques les échanges de température si nuisibles au rendement de la machine à vapeur et insiste fortement sur cette question. M. Zeuner contredit cette opinion et affirme, au contraire, que ces échanges de chaleur sont presque exclusivement dus à l'eau flottante dans les espaces nuisibles des cylindres. Par cette raison, le savant analyste pense que la quantité de chaleur enlevée par le condenseur est bien moins considérable que l'indique l'école alsacienne.

Toute la discussion entre ces deux savants ne touche que ces deux derniers points : l'incertitude de la pression initiale indiquée au diagramme, et la cause supposée des condensations et vaporisations dans les cylindres. Il est vrai qu'une erreur dans la pression initiale fausserait tous les calculs ultérieurs; mais la cause invoquée par Zeuner ne paraît pas influente si l'on examine les diagrammes bien tirés qui n'annoncent aucune fluctuation de cette nature. Quant à la cause des échanges de chaleur, il est difficile d'admettre que de l'eau vacante demeure dans le cylindre, quand celui-ci

est tenu par une enveloppe efficace à une température égale à la vapeur d'admission. Il n'y a guère que les surfaces des pistons ou des tiges qui se prêtent à ces échanges de chaleur.

Entre les deux hypothèses de ces deux savants, il y a lieu de présumer que la cause des échanges de chaleur appartient plus aux parois métalliques des cylindres qu'à l'eau supposée qui y reste en permanence.

Dans les diverses communications faites aux sociétés savantes par M. Hirn, il est dit que le fonctionnement économique d'une machine à vapeur est indéterminable *à priori;* et il affirme que des mécomptes de 25 à 40 pour 100 sont inévitables, quelle que soit l'habileté du calculateur. M. Quéruel n'est pas de cet avis, et il estime, par des précédents, que dans l'état actuel de la science de la machine à vapeur, le régime de fonctionnement peut être prévu à 5 pour 100 près.

Il cite que dans des expériences récentes, notre collègue, M. Ribourt, a constaté, au moyen des méthodes rationnelles dont il a été question devant la Société, que le poids réel de la vapeur passant par les cylindres était indiqué par le diagramme à moins de 2 pour 100 près.

Pour résumer ces préliminaires, si MM. Zeuner et Hirn sont en désaccord sur quelques points de détail de la méthode d'analyse du fonctionnement de la machine à vapeur, ils sont d'accord sur le mode de calcul de la chaleur transformée en force motrice selon l'expression :

$$E = \frac{T_m}{425},$$

T_m étant le travail total accusé par le diagramme.

Enfin, une théorie indiquée dans des ouvrages allemands, semble enchérir encore sur celle dont il vient d'être question. Cette théorie consiste à attribuer à la vaporisation une disparition de chaleur par le fait du déplacement de l'atmosphère; en sorte que 1 kilogramme vapeur à 1 kilogramme de pression équivaut à :

$$1^k = \frac{17.044^k{}_m,5}{424} = 40^{cal},2.$$

Ainsi, d'après cette théorie, le kilogramme de vapeur, au lieu de contenir 637 calories devrait être réduit de 40.2 et ne contenir que 596.8.

Et, dans la réalité de cette hypothèse, devrait-on, lors de la fonction dynamique de la vapeur, déduire à nouveau son équivalent mécanique?

En définitive, il y aurait lieu d'examiner si la disparition de la chaleur est le résultat direct de la vaporisation ou le résultat direct de la détente, ou encore le résultat complexe du travail pendant la période d'admission ajouté à celui de la détente. Ces trois modes de calculs donneront nécessairement des valeurs différentes pour E.

En présence de ces incertitudes qui peuvent conduire à des erreurs graves dans les applications. M. Quéruel présente le vœu que les sectateurs

de la thermodynamique se mettent d'accord et qu'ils fassent connaître lequel des trois modes doit prévaloir.

Considérations expérimentales sur la thermodynamique.

M. Quéruel ne se dissimule pas les difficultés auxquelles il s'expose en présentant à la Société des Ingénieurs civils quelques observations qu'il a recueillies dans le cours de ses travaux; observations qui ne sont pas conformes à la loi de l'équivalent mécanique de la chaleur. Il se défend de toute idée préconçue contre cette loi qui lui semblait, tout d'abord, un guide précieux pour l'ingénieur, en lui fournissant un contrôle infaillible dans ses nombreuses applications, et c'est précisément dans l'usage de ce contrôle que sont apparues des différences qui ont appelé son attention et nécessité des recherches de toute nature. Ce n'est donc point lui qui se montre réfractaire à l'équivalent mécanique de la chaleur, ce sont les faits qu'il vient présenter à cette tribune et dont il n'est que le narrateur fidèle.

Les diverses observations faites par M. Quéruel lui ont fait retenir six cas principaux :

Premier cas. — *Compression et détente de l'air.*

Chargé de calculer la dépense de force motrice pour actionner un appareil frigorifique système Giffard, M. Quéruel a trouvé, faisant abstraction de la récupération par le cylindre de détente de l'air, 59 chevaux.

Puis, cherchant un contrôle dans l'équivalent mécanique de la chaleur, il a constaté dans l'eau, ayant servi au refroidissement de l'air comprimé, $10^{cal.},94$ par seconde dont l'équivalent mécanique est :

$$\frac{10.94 \times 425}{75} = 61^{ch.},99.$$

Cette valeur ne diffère que de 5 pour 100 du premier calcul. Mais restait à savoir si la chaleur résultait uniquement de la compression, c'est-à-dire du travail indiqué par le triangle curviligne du diagramme, ou de ce triangle, plus le rectangle représentant le refoulement ?

Ainsi que nous l'avons vu plus haut, MM. Zeuner et Hirn sont d'avis de comprendre dans l'équivalent tout le diagramme. Malgré l'autorité de ces savants, M. Quéruel ne pouvait par logique, se ranger à leur avis. « Tant que la compression s'exerce, » dit-il, « le travail externe devient interne et alors la chaleur doit se manifester; mais lorsque la période de compression cesse et que celle de l'écoulement succède, le travail externe, passant par

interne, redevient externe par l'intermédiaire du gaz comprimé qui n'est autre qu'un transmetteur, comme l'eau dans les transmissions hydrauliques et le fer dans les transmissions mécaniques. Il n'y a plus de modification de volume, et conséquemment point de production de chaleur. »

Ce premier fait observé, cette anomalie constatée, devait éveiller son attention et le porter à faire quelques autres recherches.

Deuxième cas. — *Frottement dans les paliers.*

Une paire de paliers chargés de 21 à 22 tonnes, dont les frottements calculés consomment six chevaux et dont l'équivalent mécanique est 1 cal.,06 par seconde, ne présente aucune température sensiblement différente à celle des pièces inertes qui les avoisinent. Et cependant 45.792 calories devraient s'y trouver développées pendant les douze heures consécutives de marche. Alors que deviennent ces 45.792 calories ?

Troisième cas. — *Chaleur animale.*

Considérons deux hommes, l'un fortuné, bien nourri et bien vêtu. L'autre manœuvrier, nourri et vêtu médiocrement.

Malgré cette différence dans les prémisses, admettons des conditions égales et que 250 grammes de carbone soit la nourriture de chacun. Évaluant, en équivalent mécanique, le travail de chacun, on a par heure :

$$\text{Le premier. . .} \quad \frac{0^{km},50 \times 60' \times 60''}{425} = 4 \text{ calories.}$$

$$\text{Le deuxième. .} \quad \frac{12^{km},00 \times 60' \times 60''}{425} = 101 \text{ calories.} \qquad (1)$$

Les 250 grammes de carbone, en les supposant entièrement utilisés, fourniront à chacun des sujets 75 calories par heure. L'oisif n'en transformera que 4 calories pour l'équivalent de ses efforts; tandis que le manœuvrier, absorbant 101 calories pour son travail, ne trouverait en lui-même que 75 calories pour y faire face. En un pareil état de choses, ce travailleur éprouverait un refroidissement inconjurable qui l'obligerait au repos pour rétablir l'équilibre de chaleur rompu. On sait que les choses ne se passent pas ainsi et que, contrairement à la théorie thermodynamique, chez le

1. Travail moyen fourni momentanément par un homme manœuvrant une pompe à incendie = 22 kilogrammètres. (*Bulletin de la Société des Ingénieurs civils*, juillet 1881, page 81.)

travailleur la chaleur en excès exsude de tout son corps. Et la conséquence de cette proposition exigerait un travail excessif pour se refroidir et une immobilité absolue pour se réchauffer.

QUATRIÈME CAS. — *Pressions variables dans un volume constant.*

Gay-Lussac d'abord, Joule ensuite, ont vérifié les effets de deux vases, dont l'un chargé d'air à forte pression et l'autre vide mis en communication, n'indiquent, dans l'écoulement de l'air, aucune modification de température; c'est une expérience en désaccord avec la loi thermodynamique. En analysant ce qui se passe, en reconnaît de suite que la quantité de gaz (l'air comprimé d'abord, détendu ensuite) reste la même, et que la somme des volumes reste constante. Il n'y a donc pas de motif de changement de température. Le seul élément qui ait varié est le travail anéanti, et ce travail anéanti aurait dû se traduire par une production de chaleur. Il n'en est rien, on peut en retenir que le volume, l'espace occupé par la chaleur, semblent plutôt être sa fonction véritable que le travail.

Comme corollaire de cette proposition, les sectateurs de l'équivalent mécanique, expliquent ainsi la non-chute de température que l'on observe dans les écoulements de gaz par ajutage : « Pour qu'il y ait production de froid, dit M. Jules Armengaud, il faut que la détente du gaz soit mécanique; c'est-à-dire qu'elle produise un travail extérieur. » M. Quéruel pense que ce fait exact en l'une de ses parties, volume agrandi à l'abri des restitutions de chaleur, appartient beaucoup plus au changement de volume, qui serait la véritable cause de l'abaissement de température, qu'au travail extérieur qui n'en serait qu'une conséquence.

CINQUIÈME CAS. — *Calorimétrie des machines à vapeur.*

On sait le rôle important que l'école alsacienne fait jouer à la calorimétrie dans l'analyse de fonctionnement de la machine à vapeur. Par nécessité professionnelle, M. Quéruel a été conduit à examiner cette question importante.

Voici les résultats :

EXPÉRIENCES.	CHALEUR EN CALORIES PAR HEURE.		DIFFÉRENCES.	
	Vapeur maxima.	Retrouvée.	Manquants en calories.	Manquants proportionnels.
1881.				
27 septembre, matin	181.267	178.890	2.377	0,01314
27 septembre, soir...	183.077	182.183	894	0,00488
3 novembre, matin..	178.680	174.820	3,860	0,02160
11 novembre, soir...	168.342	166.560	1.782	0,01058
Moyennes.....	177.841	175.613	2.228	0,01255
Walther-Meunier. Rapport à la Société industrielle de Mulhouse. Moyenne de trois expériences.....	335.300	330.419	4.881	0,01456

De ces sept observations il résulte que, à un et trois dixièmes en moins et en moyenne, on retrouve la totalité des calories apportées dans les cylindres de machines à vapeur, alors que la chaleur convertie en travail devrait être, selon la thermodynamique, 15 pour 100 pour les machines expérimentées en Alsace et 16 1/2 pour 100 pour celles expérimentées à Paris.

De plus, M. Zeuner donne pour formule de calcul de la courbe de détente de la vapeur d'eau :

$$p = P\left(\frac{v}{V}\right)^{1,135.}$$

D'un autre côté, une trentaine de courbes tirées avec soin, dans des conditions assurant contre toute déviation par refroidissement initial, on donné des résultats exprimés par cette formule :

$$p = P\left(\frac{v}{V}\right)^{1,06.}$$

L'observation n'a nullement indiqué une chute de pression par suite d'une disparition de chaleur à attribuer à l'équivalent thermodynamique.

Enfin, pour clore ce quatrième cas, M. Quéruel cite les expériences spéciales de M. Hirn qui, au nombre de neuf, donnent des valeurs inconciliables entre elles, puisque ces valeurs varient entre 299 et 606 kilogrammètres pour l'équivalent d'une calorie.

Sixième cas. — *Expériences fondamentales de la thermodynamique.*

M. Quéruel se borne à examiner les deux coefficients de chaleur spécifique de l'air. Cette discussion, appuyée sur des considérations mathéma-

tiques, hérissée de chiffres, ne saurait être reproduite au compte rendu, on les trouvera dans le mémoire, s'il est inséré au *Bulletin*.

Les conclusions sur ce point sont : que le coefficient à pression constante, plus grand que celui à volume constant de $0^{cal.},0691$, n'est que la résultante d'un plus grand volume occupé, et que le rapport entre ces deux coefficients 1,41, précisément racine carrée de 2, démontre que sur les deux éléments air et chaleur, un seul des deux variant, la chaleur, le rapport est en raison de ce seul élément.

En procédant avec de la vapeur d'eau on pourrait encore lui trouver trois valeurs différentes d'équivalent mécanique.

Selon l'analyse du mémoire :

Par la détente.	E = 965 kil.
Par la dilatation.	E′ = 131 —
Par la dilatation (méthode calorimétrique).	E″ = 365 —

Donc, la base de l'équivalent mécanique de la chaleur n'a rien de fixe, puisqu'elle peut affecter différentes valeurs.

Puisque j'ai parlé de chaleur et d'espace, dit M. Quéruel, je ne puis me dispenser d'examiner la fonction de la chaleur en dehors de notre atmosphère. On disait autrefois : « la nature a horreur du vide, » et quelqu'un qui oserait reprendre cet ancien axiome scientifique risquerait fort d'être ridiculisé. Et cependant on peut se demander ce qu'il y a au delà des atmosphères planétaires et des photosphères solaires, et, si en réalité, il n'y a qu'un vide absolu. Personne ne l'admet, car l'on nomme éther une substance inconnue, transparente et impondérable. Et cet éther n'est-il point de la chaleur excessivement dilatée, à température voisine du zéro absolu, chaleur qui ne serait autre que cet élément indéfinissable qui garnit l'espace ?

Trois motifs me le font supposer :

Le premier est la propriété spéciale de la chaleur de se repousser elle-même ; ce qui constitue son rayonnement, et cette répulsion est la contre-partie de la propriété d'attraction de la matière.

Le deuxième motif est que la fugacité de la chaleur ne peut être arrêtée entièrement dans notre atmosphère, qu'il n'y a pas de raison pour qu'elle ne s'échappe au delà, et, se détendant avec la dépression, ne garnisse l'espace dans une proportion très affaiblie.

Le troisième motif consiste dans la loi des équilibres naturels qui fait qu'une circulation constante se produise de manière à pourvoir à l'alimentation des sources et assurer la continuité des effets. C'est ce que nous constatons tous les jours par les pluies abondantes que nous donne la chaleur dite solaire, et il n'y a rien de téméraire de préjuger de l'inconnu par le connu quand toutes les lois naturelles s'enchaînent.

Je crois donc que le soleil, astre essentiellement magnétique et électrisé, a un pouvoir de saisir les éléments calorifiques épars, d'en constituer ses

rayons et de les lancer à travers l'espace sur les planètes qui en retiennent une partie à leur surface. Cette hypothèse me paraît répondre à ce fait observé que les queues de comètes sont toujours tournées à l'opposé du soleil. Or, il est admis que les comètes sont des astres matériels, gazeux en grande partie, par conséquent pénétrés d'une grande chaleur, et l'action du soleil devenant très énergique sur les comètes, il y aurait des rayonnements de chaleur très intenses et précisément à l'opposé du soleil. La presque immatérialité des queues cométaires et leur transparence avivante, plutôt qu'obscurcissantes, donnerait une raison de plus à cette supposition.

Au surplus des observations faites sur la fuite considérable de la chaleur sur la terre pendant des nuits sereines, c'est-à-dire à l'opposé du soleil, viennent encore fortifier cette hypothèse.

Enfin, je considère que la chaleur est le diluant par excellence, qu'elle pénètre tout et que son action répulsive est la base de tous les gaz dont elle est l'élément principal et constitue l'élasticité.

Conclusion.

De cet analyse sommaire il résulte :

1° Que l'augmentation de température d'un gaz ne se produit que pendant la période de compression sans écoulement.

2° Que la quantité de chaleur enfermée dans un volume de gaz en compression reste constante; mais gagne en intensité en raison inverse des volumes.

3° Qu'aucune élévation de température ne se manifeste, lorsque les volumes restent constants.

4° Que si l'on constate dans le frottement une production de chaleur, et qu'on attribue cette chaleur à l'équivalent de la puissance absorbée; il est des cas exceptionnels où des absorptions de puissance considérables ne présentent aucune élévation de température; ce qui constitue une contradiction inexpliquée.

5° Qu'il n'apparaît pas davantage chez les animaux que le travail forcé, qui devrait soustraire de la chaleur du corps soit une cause de refroidissement.

Comme aussi, l'immobilité absolue qui laisserait accumuler toute la chaleur destinée au travail, soit une cause de réchauffement; quand on sait qu'après de violents efforts l'animal est bientôt incommodé par l'excès de chaleur, qu'une transpiration abondante, seule, le délivre.

6° Que si la chaleur n'a pas de poids sensible reconnu, on ne peut nier qu'elle occupe de l'espace; puisque sa présence est toujours constatable par la variation de densité des corps qui en sont pénétrés.

7° Que les deux coefficients de la chaleur spécifique de l'air, sont plus favorables au rapport direct du volume avec la chaleur qu'à celui de la

chaleur avec la dynamique. Que si cette dernière fonction semble exister, c'est que la dynamique est la conséquence du premier phénomène, la dilatation; mais nullement la raison d'équivalence; pas plus que le morceau de bois sec, qui, mouillé, soulève le rocher.

8° Que la disparition de chaleur pendant la détente de la vapeur, demeure encore à l'état d'hypothèse, que les savants initiateurs de l'équivalent mécanique de la chaleur n'ont encore rien pu produire de précis en faveur de cette hypothèse. Tandis que les faits observés tendent à établir la non-disparition de la chaleur en excès?

9° Que la chaleur latente de différents liquides est directement liée avec le volume et la densité des gaz. Le liquide vaporisé occupe un espace proportionnel à sa chaleur latente.

10° Qu'enfin le nombre 1,41 précisément la racine carrée de 2 n'est pas un effet du hasard.

Telles sont, Messieurs, les incertitudes qui se sont présentées dans mes recherches. Elles présentent, à la fois un intérêt scientifique et pratique et j'espère qu'après discussion, il en ressortira du bien et de l'utilité.

M. Armengaud jeune. Messieurs, puisque M. Quéruel ne nous soumet pas d'une façon très affirmative sa théorie, qui conclut à rejeter les principes de la thermodynamique, je ne m'étendrai pas longtemps sur ce sujet. Mais dans une enceinte comme la nôtre, de telles énonciations, alors même qu'elles sont sincères, ne doivent pas être laissées sans une réfutation si courte qu'elle soit.

D'abord, la question a été, à plusieurs reprises, traitée devant la Société; ensuite, je ne pense pas que beaucoup d'entre vous partagent les idées en quelque sorte subversives, que M. Quéruel vient de nous exposer.

Mais il a parlé tout à l'heure des machines frigorifiques à air, et comme je me suis beaucoup occupé de ces machines, je commencerai par relever une erreur qui me semble avoir été commise par M. Quéruel à l'égard du travail de compression.

Lorsqu'on comprime une masse d'air, et qu'on la refoule ensuite dans un réservoir, il n'est pas exact de dire que l'on compte la période de refoulement comme devant donner lieu à un dégagement de chaleur. Il n'y a de chaleur dégagée que lorsqu'il y a du travail absorbé, c'est-à-dire pendant la compression ou la réduction de volume de la masse d'air. Lorsqu'on pousse cette masse d'air pour la refouler dans un réservoir, elle est en effet comme une masse d'eau incompressible qu'on aurait à déplacer; par conséquent, il y a simplement transport, il n'y a pas transformation ou absorption de travail, et par suite pas dégagement de chaleur.

Dans le mémoire que j'ai présenté à l'Académie des Sciences sur la production mécanique du froid, j'ai simplement déterminé, par la formule habituelle, le nombre de calories dégagées pendant la période de compression, sans tenir compte du refoulement. La détente de la masse d'air ainsi

comprimée, mais préalablement ramenée à la température ordinaire, donne lieu réciproquement à une absorption de chaleur, autrement dit à une production du froid. C'est sur ce principe que j'ai construit une machine frigorifique, avec la collaboration de M. Paul Giffard, frère du grand inventeur récemment décédé.

En thèse générale, je ne crois pas que l'on puisse tirer des résultats d'observations isolées faites sur une machine industrielle, machine à vapeur ou machine frigorifique, une induction critique ou infirmative des principes et des lois de la thermodynamique. Tout le monde sait ici que pour démontrer une loi physique, même une des plus simples, telle que la loi de Mariotte, il est nécessaire comme l'a fait l'habile expérimentateur, M. Regnault, de s'entourer de précautions infinies, et de créer un appareil spécial permettant de dégager le phénomène à observer des circonstances étrangères ou perturbatrices. Est-ce ainsi qu'a opéré M. Quéruel, qui s'est borné à des mesures évidemment incomplètes sur des machines dont le fonctionnement ne se prêtait aucunement à une étude d'après la méthode expérimentale qui seule présente un caractère scientifique?

Me permettra-t-on d'ajouter, tout en ne mettant pas en doute la bonne volonté de M. Quéruel, qu'il est vraiment regrettable de le voir s'armer d'aussi faibles preuves pour chercher à battre en brèche les lois de la thermodynamique? Elles ont été posées et fixées définitivement à la suite des travaux considérables d'hommes de génie, tels que Sadi-Carnot et Regnault en France, Meyer et Clausius en Allemagne, Joule et Tyndall, en Angleterre, et d'autres encore, physiciens ou mathématiciens, qui, procédant les uns par l'expérience, les autres par l'analyse, sont arrivés ainsi, par des voies différentes, au même but, c'est-à-dire à l'édification de cette admirable branche de la science.

Il est mille circonstances qui servent au contrôle des formules de la thermodynamique. C'est ainsi qu'elles permettent de retrouver mathématiquement la vitesse du son dans l'air, et qu'elles conduisent aux lois fondamentales de l'électricité, celle de Ohm et celle de Joule. Disons enfin que toutes, elles sont la conséquence de ce grand et fécond principe de la conservation de l'Énergie.

M. Quéruel. Quand ma communication n'aurait eu pour effet que de vous faire entendre un aussi éloquent plaidoyer en faveur de la thermodynamique, j'en serais enchanté, mais je dois faire remarquer que M. Armengaud est pleinement de mon avis en ce qui concerne la distinction du travail du diagramme; la période de compression seule, représente la chaleur convertie en travail et réciproquement. Dans ce cas M. Armengaud condamne la méthode alsacienne et l'opinion de M. Zeuner, qui considèrent que toute la surface du diagramme doit être comptée en équivalence de la chaleur. De plus, je ne crois pas que M. Armengaud ait détruit ce que j'ai présenté; les calories retrouvées dans mes expériences et dans celles de M. Walter-Meunier, calculées par des méthodes précises, établissent des

différences considérables avec le système de thermodynamique, je pense qu'on ne peut les nier et les rejeter d'une façon aussi absolue. Du reste, je ne me serais pas permis de présenter ces observations à la Société, s'il n'y avait eu que de petites différences; mais quand elles se présentent dix fois plus grandes que celles invoquées par la thermodynamique, je crois que ce sont des chiffres assez éloquents, qui valent bien ceux d'un laboratoire, où on opère que sur de très petites quantités. Au moyen d'un thermomètre placé dans l'eau de condensation, on peut lire le nombre de tours d'une machine, tant la relation est exacte.

Maintenant il y a un point sur lequel M. Armengaud voudra bien nous dire quelque chose, c'est la transformation du travail animal. Comment expliquer la production de la chaleur en excès?

M. Armengaud. Je ne suis pas assez physiologiste pour répondre à M. Quéruel; je l'inviterai donc à se reporter aux travaux particuliers de feu M. Claude Bernard et de M. Berthelot qui, sur ce point, sont d'accord avec les savants que je citais tout à l'heure. Mais, comme M. Quéruel, à la fin de sa communication, a dit quelques mots sur la nature de la chaleur, j'ajouterai encore cette remarque importante, c'est que la théorie mécanique de la chaleur, comme l'a écrit si justement M. Zeuner dans son remarquable ouvrage, offre un enchaînement de théorèmes et de faits indépendants de toute idée préconçue sur l'essence de la chaleur.

M. Casalonga. Je demande la parole.

M. le Président. Demandez-vous qu'il y ait une discussion sur la communication de M. Quéruel? Ce serait pour un autre jour; mais aujourd'hui ce serait déroger à l'ordre du jour.

M. Casalonga. Je m'en rapporte à l'assemblée pour cela.

M. le Président. Ce n'est pas une gêne que je vous impose; je vous ouvre la porte à la discussion.

M. Casalonga. Je ne crois pas qu'il y ait lieu à une discussion, je m'associe aux paroles que vient de prononcer M. Armengaud pour repousser les idées émises par M. Quéruel. Je voulais faire une simple observation relative à l'évaluation du diagramme au sujet de laquelle M. Armengaud m'a paru se mettre d'accord avec M. Quéruel, pour ne compter que la seule aire de compression, alors que, dans mon esprit, il n'y a pas de doute; c'est le diagramme tout entier qui doit être considéré.

M. le Président. Je le répète, nous n'avons pas le temps aujourd'hui. Si quelqu'un demande une discussion sur la communication de M. Quéruel, nous verrons à lui donner satisfaction.

M. Soulié, ingénieur des ponts et chaussées, invité à assister à la séance, donne communication de sa note sur le chemin de fer métropolitain.

Historique. — Les premières études d'un chemin de fer métropolitain pour Paris remontent à 1869.

La compagnie dont je suis aujourd'hui l'ingénieur avait présenté au début de 1870, un projet de chemin de fer aérien à traction funiculaire, allant du

bois de Boulogne à la Bastille par les Champs-Élysées et les grands boulevards intérieurs.

Après la guerre, M. Léon Say, préfet de la Seine, comprenant la nécessité de faciliter les communications dans Paris, fit appel à l'initiative privée.

Quarante-sept projets furent soumis, et examinés par une commission technique, composée des principaux ingénieurs de l'époque, MM. Krantz, Solacroup, Alphand, etc.

Sept projets seulement furent pris en considération, savoir : ceux de MM. Le Masson, Vauthier, Brame, Brunfaut, Pochez, Lavallez (Mention) et Bergeron.

Le projet de M. Le Masson appartient à notre compagnie.

La commission technique résuma ainsi qu'il suit les conditions d'établissement d'un chemin de fer métropolitain.

Adoption de chemins de fer du système usuel, et sur lesquels puisse circuler le matériel des chemins ordinaires.

Réseau suivant les grands courants de circulation, avec des jonctions et des raccordements disposés de manière à mettre tous les quartiers en communication avec les quartiers du centre.

Le conseil général de la Seine approuva, par une délibération du 12 mai 1872, l'avis de la commission technique et fixa les bases de la concession des lignes suivantes :

1° Une ligne du bois de Boulogne au chemin de fer de Vincennes et de Lyon par les boulevards intérieurs.

2° Une ligne des Halles centrales au chemin de fer de ceinture (rive droite).

3° Une ligne du chemin de fer d'Orléans au chemin de fer de ceinture (rive gauche) par les boulevards Saint-Germain et Saint-Michel.

4° Une jonction entre les lignes 1 et 3 et une jonction entre les lignes 2 et 3 si elle était reconnue possible.

Par dépêche du 16 juillet 1878, M. de Freycinet, ministre des travaux publics, revendiqua pour l'État le droit de concéder le chemin de fer métropolitain comme ligne d'intérêt général.

Notre projet n'est en réalité que l'application du programme tracé en 1872 par le conseil général de la Seine; on y a ajouté seulement une ligne suivant le boulevard Saint-Germain qui n'était pas possible en 1872, puisque le boulevard n'était pas ouvert, et une ligne du boulevard Montparnasse à la place de l'Étoile, qui n'était pas alors considérée comme de première urgence, mais qui l'est devenue depuis par l'accroissement de la population.

Le projet et une demande en concession ont été remis au début de 1879 entre les mains de M. le Ministre des Travaux publics.

Le projet a été soumis à l'examen des ingénieurs du contrôle, et des ingénieurs de la ville de Paris. Sur leur avis conforme, il a été décidé qu'il y

avait lieu de procéder aux formalités de l'enquête d'utilité publique, du 15 février au 15 mars dernier. Au moment où cette décision a été prise aucune autre demande de concession, ni aucun autre projet de chemin de fer métropolitain n'avaient été adressés à l'administration supérieure.

Les dires de l'enquête peuvent se subdiviser en quatre catégories:

1° Observations ayant un caractère général ;

2° Observations relatives aux délais d'exécution, à des modifications ou compléments du réseau ;

3° Observations en faveur d'autres projets;

4° Observations dans les communes suburbaines.

M. le Ministre des Postes et Télégraphes demande que l'hôtel des postes soit relié aux deux lignes principales du réseau métropolitain.

Il sera facile de lui donner satisfaction au moyen d'une jonction reliant la ligne de Saint-Cloud à Vincennes à celle de la Chapelle au Châtelet par la rue Montmartre et les Halles.

La Chambre de commerce de Paris donne son adhésion complète au projet. Elle demande seulement que la ligne des Halles soit exécutée en même temps que celle de Saint-Cloud à Vincennes par les grands boulevards intérieurs.

EMBRANCHEMENTS, RACCORDEMENTS. — Nous n'entrerons pas dans le détail des autres variantes, des embranchements, des raccordements qui ont été demandés dans l'enquête.

Pour nous, deux lignes fondamentales forment la base du réseau : celle de l'Est à l'Ouest, suivant la direction des grands boulevards intérieurs; celle du Nord au Sud, par les boulevards Sébastopol et Saint-Michel.

Quant aux autres lignes, si nous les considérons comme utiles au point de vue de la prospérité de notre entreprise, c'est seulement en raison du trafic qu'elles apporteront aux lignes principales.

Le réseau que nous proposons aujourd'hui nous paraît destiné à s'étendre, pour ainsi dire, indéfiniment, à mesure que la ville de Paris s'étendra elle-même. Entre les variantes et les embranchements qui sont réclamés, il ne peut y avoir qu'une question de priorité. On nous trouvera toujours disposés à les entreprendre dès que l'utilité publique en aura été constatée. Il n'est pas nécessaire pour cela que nous soyons liés par des engagements formels. L'intérêt de notre compagnie nous rendra toujours, évidemment, favorables à des extensions qui, peu rémunératrices en elles-mêmes, auront pour résultat d'augmenter le trafic des autres parties du réseau.

Parmi les embranchements qui sont sollicités avec instance, notre attention a été appelée sur ceux de Boulogne et de Levallois-Perret.

Dans plusieurs dépositions, il est question des raccordements avec les grandes lignes. Notre projet comprend un raccordement avec la ligne de l'Ouest, un autre avec la ligne de Vincennes, un troisième avec la ligne projetée d'Auneau, deux avec le chemin de ceinture. Quant aux lignes du Nord, de l'Est, de Lyon, et d'Orléans, notre tracé s'y reliera très facilement. Mais c'est une question très délicate de savoir si ces lignes, très surchargées, pourront recevoir nos trains. Des conférences seront nécessaires à ce sujet entre nos ingénieurs et ceux des grandes compagnies, et ces conférences ne pourront avoir lieu qu'après la concession. En attendant qu'un accord se soit établi, il nous paraît prématuré de prévoir des travaux qui peuvent être sans objet.

Nous ferons observer d'ailleurs que notre réseau touche les grandes gares, et que le transbordement des voyageurs sera très facile. Le public jouira donc, même avant que la question des raccordements par aiguilles soit résolue, de la plus grande partie des avantages que doit lui assurer le réseau métropolitain.

Sans s'opposer à la concession du réseau métropolitain, la Compagnie des Omnibus fait des réserves à raison du trouble qui pourra en résulter dans le fonctionnement de ses services et du dommage que lui occasionnera la concurrence du chemin de fer.

Le monopole de la Compagnie des Omnibus ne s'étend évidemment pas aux chemins de fer à établir dans Paris, et ses réserves ne sont nullement justifiées.

Mais nous croyons que, loin de lui occasionner un dommage quelconque, l'exploitation du métropolitain deviendra très avantageuse pour elle.

M. Deligny voudrait qu'on exécutât immédiatement la grande ligne circulaire, mais nous ferons observer que les lacunes que présentera cette ligne, sont desservies par des tramways.

C'est à tort, suivant nous, que M. Deligny considère comme sans importance les services que le réseau métropolitain peut rendre pour le transport des marchandises et notamment pour l'approvisionnement des Halles.

Nous insisterons pour que, contrairement à l'avis de M. Deligny, on accepte deux classes de voyageurs au lieu de trois. Nos prix, pour la deuxième classe, sont assez bas pour qu'il soit impossible d'admettre une troisième classe.

La division en trois classes introduirait inutilement une grande complication dans le service.

M. Després, ingénieur, est un ancien agent de la Société d'études dont nous poursuivons les travaux.

Les projets Le Masson pour lesquels il réclame un droit de priorité, nous appartiennent. Sur ce point, nous ne pouvons qu'être d'accord avec lui.

Quant aux modifications et additions qu'il y a apportées depuis qu'il a

quitté le service de la Société d'études, nous ne les avons pas examinées; si nous croyons pouvoir les utiliser en quoi que ce soit, nous nous empresserons d'entrer en pourparlers avec lui.

Nous ne sachons pas que, jusqu'ici, ces lignes complémentaires aient été l'objet d'aucune demande en concession, ni même qu'elles aient été présentées à l'administration supérieure; elles ne pouvaient donc pas être mises à l'enquête, et l'étonnement de M. Després à ce sujet prouve qu'il n'est pas au courant des formalités administratives.

MM. Heuzé et Théry, après avoir vivement attaqué notre projet, demandent qu'on applique leurs systèmes aériens.

Nous ne sommes nullement opposés au système aérien. Nous l'appliquons, nous nous tenons à l'air libre autant que nous le pouvons.

Ce que nous ne croyons pas possible, c'est d'ouvrir de nouvelles percées à travers les quartiers du centre pour placer des viaducs au milieu de ces percées, comme le proposent MM. Heuzé et Théry.

M. Heuzé ne donne à sa percée que 13 mètres de largeur. Mais, dans ces conditions, les maisons bordant la nouvelle voie seraient très dépréciées, et le prix par mètre carré ne pourrait guère descendre au-dessous de 3,000 francs; on arriverait ainsi par kilomètre à un prix de 40 millions.

Le projet de M. Théry est encore plus grandiose. Sa percée, dirigée du nord au sud, et passant entre les rues Saint-Denis et Montorgueil, aurait 55 mètres de largeur, et coûterait 100 millions par kilomètre. Sous prétexte de desservir les quartiers du centre, M. Théry les supprimerait.

En présence des chiffres que nous venons de citer, il nous paraît inutile d'insister.

Résumé des résultats de l'enquête. — En résumé, l'utilité de la construction du réseau métropolitain n'a guère été contestée dans l'enquête, et, en dehors des critiques des auteurs de contre-projets, les dispositions de notre projet n'ont été l'objet que d'observations de détail.

La commission d'enquête s'est réunie le 24 avril dernier, après avoir convoqué MM. les ingénieurs du service municipal, du contrôle des chemins de fer, de la navigation, et les représentants de la Compagnie.

La commission d'enquête était ainsi constituée :

MM. Rozat de Mandres, Delaitre, Jacqmin, Allaire, Blanche, Cernesson, Deligny, Jacques, Level, Wauthier, Villard.

La Commission a reconnu que l'enquête a été faite régulièrement, et que l'administration a procédé conformément aux lois et règlements sur la matière.

Elle a ensuite examiné les trois questions ci-après :

1° Un chemin de fer métropolitain est-il d'utilité publique ?

2° L'avant-projet présenté répond-il dans ses dispositions générales, aux besoins de la population parisienne?

Ces deux premières questions ont été résolues affirmativement à l'unanimité.

3° Classification et désignation des lignes.

La commission, également à l'unanimité, a défini le réseau comme il suit :

1° Une ligne d'un point à déterminer entre Saint-Cloud et Puteaux, aux chemins de fer de Vincennes et de Lyon, par la place de l'Étoile, le boulevard de Courcelles, la gare Saint-Lazare, l'Opéra, la Bourse, la place de la République, l'avenue de la République, la place de la Bastille, le boulevard Bourdon, le boulevard Diderot et la gare de Reuilly.

2° La ligne du boulevard Bourdon à la place de l'Étoile, par la gare d'Orléans, la gare de Sceaux, la gare Montparnasse et la place du Trocadéro.

3° Une ligne de l'extrémité du chemin des Moulineaux à la gare d'Orléans, par le boulevard Saint-Germain.

4° Une ligne du chemin de fer de ceinture (rive droite) aux Halles, par les gares du Nord et de l'Est.

5° Prolongement éventuel de la ligne n° 4, jusqu'au chemin de fer de ceinture (rive gauche), par le boulevard Saint-Michel et l'avenue de Montsouris.

Ce réseau est, de tout point, celui proposé par la Compagnie.

La première ligne devra être exécutée dans un délai de trois ans.

Les autres sections du réseau seront exécutées aussitôt après que la première ligne aura donné un revenu brut kilométrique de 300,000 francs.

Tracé. — Le plan que vous avez sous les yeux indique les tracés des diverses lignes que je viens d'énumérer. On a représenté en trait plein les parties à air libre, et en trait pointillé les souterrains.

Vous voyez que notre projet comporte une longueur notable (plus d'un tiers) de parties aériennes.

Notre Compagnie est trop intéressée a établir ses voies à l'air libre pour que, si la concession lui est donnée, elle n'essaye d'obtenir un accroissement de longueur des parties aériennes. Nous pensons qu'elle ne réussira pas dans cette voie. La population de Paris ne permettra jamais, en effet, qu'on détruise la physionomie d'une ville bâtie depuis tant de siècles, possédant des monuments si remarquables, dans le simple but de faire fructifier une entreprise industrielle.

Les Compagnies de chemin de fer métropolitain à New-York, n'ont pas pu obtenir l'autorisation de s'établir en viaduc dans la principale et la plus belle avenue.

Est-il permis de prétendre dès lors qu'un métropolitain doit être uniquement aérien ?

Conditions techniques. — Les conditions techniques des tracés ont été admises par la grande commission de 1871, et par les ingénieurs du service municipal. Peut-on contester la compétence d'hommes comme MM. Solacroup, Krantz, Alphand, etc. — On ne trouve de courbes de 150 mètres de rayon qu'aux abords des gares, sur des points où la vitesse sera nécessairement réduite. — Nous emploierons des voitures du système américain reposant sur deux trucks à essieux très rapprochés.

Des voitures de ce système circulent en Amérique à des vitesses de 50 kilomètres à l'heure dans des courbes de 88 mètres de rayon sans contre-rails.

Des locomotives du poids de 25 tonnes pourront avec 1/8 d'adhérence, exercer un effort de traction de plus de 3,000 kilogrammes, et remorquer sur une rampe de 0m,020 un train de 100 tonnes, contenant 400 voyageurs.

Des courbes de 150 mètres de rayon et des rampes de 0m,020 ne peuvent donc pas être considérées comme une difficulté pour le service.

Dans les parties exécutées en souterrain, on doit déplacer un grand nombre d'égouts, de conduites d'eau, de gaz, etc. Les ingénieurs de la ville de Paris, nous ont communiqué des plans, qui nous ont permis de nous rendre compte des travaux à exécuter pour ne gêner en rien tous les services.

Avant de commencer les travaux dans la partie centrale, on construirait une galerie d'asséchement placée à un niveau assez bas pour faire baisser la nappe d'eau souterraine au-dessous du radier du chemin de fer.

M. le Directeur des travaux de la ville de Paris, pendant la réunion de la commission d'enquête, a exposé que certaines personnes manifestent des craintes au sujet des tassements, que pourront occasionner les épuisements, que la Compagnie sera obligée de faire pour abaisser le plan d'eau de la nappe d'eau souterraine.

Nous lui avons fait observer que l'asséchement se faisant avant les travaux, aucun tassement n'est à craindre. Il n'en est pas de même lorsqu'on exécute les travaux dans des sables bouillants sans les assécher préalablement; les sables s'éboulent dans les tranchées et les effets des éboulements s'étendent quelquefois très loin.

M. l'inspecteur général Rozat de Mandres et MM. les ingénieurs en chef Huet, Humblot, Barabant, ont exprimé l'opinion que l'abaissement de la nappe d'eau souterraine ne peut pas avoir d'inconvénients, s'il a lieu avant qu'on commence les travaux. Ils ont cité à l'appui de leur opinion les travaux du canal Saint-Martin, du grand Collecteur, de l'égout de la Pépinière, etc., qui ont été exécutés très profondément dans la nappe et pour lesquels on a employé le procédé que nous proposons d'appliquer.

Pendant l'exploitation, la nappe devra être constamment tenue au-dessous du radier du chemin de fer.

Nous avons vérifié que, dans des terrains très perméables, résultant de la décomposition du granit, les travaux de drainage à une profondeur de 7 à 8 mètres au-dessous du sol, donnaient un débit de 4 mètres cubes par hectare et par 24 heures, alors que la quantité d'eau de pluie annuelle était de 0,76. — Ce chiffre a été obtenu, dis-je, par nous, pour la conduite d'eau de Limoges, et celle de Rennes; on a obtenu un débit égal en Belgique pour la conduite d'eau de Liège où la quantité de pluie annuelle est à peu près la même, et où le sol crayeux est également très perméable. Ce volume de 4 mètres cubes à l'hectare par 24 heures, correspond à un débit de 5 litres à la seconde par kilomètre carré.

Admettons le même chiffre pour Paris où le sol est peu perméable, et où la quantité d'eau de pluie annuelle est moindre, et appliquons-le aux 20 kilomètres carrés, compris sur la rive droite, entre la Seine et les canaux environnants.

On aura à épuiser au maximum un volume d'eau de 100 litres à la seconde, ce qui nécessitera l'emploi de 15 chevaux-vapeur; soit une dépense annuelle de 15,000 francs environ.

Le transport des déblais et des matériaux se fera par galeries souterraines dans les quartiers populeux.

En exécutant les travaux dans les conditions que nous venons d'indiquer, on évitera d'apporter aucune gêne à la circulation et au commerce.

C'est à peine si le public s'apercevra de l'exécution des travaux.

On exécute à Paris chaque année d'énormes travaux d'égouts sans que les mouvements de terre qui en résultent aient jamais occasionné d'épidémies.

Pour le métropolitain, les mouvements seront beaucoup plus localisés, et, comme nous l'avons expliqué plus haut, les terres à remuer seront préalablement assainies et elles seront transportées souterrainement, de telle sorte que le danger d'épidémies occasionnées par le dégagement de miasmes délétères sera beaucoup moindre que dans les travaux d'égouts.

Nous dirons plus, en abaissant le plan de la nappe d'eau souterraine, en mettant les caves des quartiers bas à l'abri des inondations, nous rendrons un véritable service au point de vue de la salubrité publique.

L'emploi des machines à air comprimé ou à vapeur surchauffée répond à toutes les objections relatives aux difficultés d'aération.

En 1872, la possibilité d'utiliser ces machines était encore à l'état de problème, et cependant la Commission technique ne s'était pas arrêtée à ces difficultés. Aujourd'hui nous ne comprenons même pas qu'on puisse revenir sur la question.

Quant à l'éclairage des voitures et de la ligne, l'électricité nous fournit la solution la plus complète.

Nous pouvons donc affirmer que le parcours du réseau métropolitain s'effectuera dans des conditions de confort ne laissant rien à désirer.

Un tunnel ouvert dans des conditions les plus difficiles ne coûte guère plus de 2 millions par kilomètre. On n'a atteint des chiffres de 3 à 4 millions que dans les grands tunnels comme le Saint-Gothard où, en raison de la rapidité de l'avancement à obtenir, on à dû recourir à des procédés exceptionnellement coûteux.

Dans des terrains généralement bons, comme ceux du sous-sol de Paris, on n'atteindrait certainement pas le chiffre de 2 millions par kilomètre, si on voulait se tenir à une douzaine de mètres de profondeur, c'est-à-dire au-dessous du réseau des égouts.

Doublera-t-on la dépense, comme nous l'avons supposé, en se rapprochant du sol pour rendre les stations plus accessibles au public? Ce n'est évidemment pas admissible. L'égout du type n° 3, de 4 mètres d'ouverture, le plus grand type appliqué en dehors du collecteur d'Asnières, coûte moins de 400,000 francs par kilomètre; en admettant qu'il soit nécessaire de remanier une longueur d'égouts égale à celle du réseau, et qu'on applique partout le plus grand type, on n'aurait donc, de ce chef, qu'une dépense de 400,000 francs par kilomètre. Les conduites d'eau et de gaz donneront évidemment lieu à une dépense beaucoup moindre. On ne peut donc pas évaluer les sujétions provenant des égouts, des conduites d'eau et de gaz à plus de 500,000 à 600,000 francs par kilomètre.

En portant notre évaluation à 3,900,000 francs par kilomètre, nous avons largement tenu compte des éventualités de toutes sortes que peut présenter un travail de ce genre.

Nous sommes arrivés à ce chiffre en majorant, dans notre détail estimatif, de 10 à 15 pour 100, les prix de la série officielle de la ville, en augmentant les dépenses concernant l'infrastructure d'une somme à valoir de 20 pour 100, et en ajoutant, sur l'ensemble, 25 pour 100 pour les frais d'études, les frais généraux et l'intérêt du capital pendant la construction.

La commission technique nommée par M. Léon Say, en 1871, avait évalué la dépense à 4 millions par kilomètre. Cette évaluation concorde donc à très peu près avec la nôtre, et est-il possible de trouver des juges plus compétents que MM. Alphand, Belgrand, Rozat de Mandres?

A Londres, on a atteint, dans la construction du réseau métropolitain, des chiffres beaucoup plus élevés, parce qu'on n'a pas trouvé de grandes voies sur lesquelles on pût s'établir, et qu'on a été par suite entraîné dans d'énormes frais d'expropriation.

Exploitation. — L'exploitation d'un chemin de fer métropolitain exige dans la journée des trains circulant toutes les deux ou trois minutes. Dans ces conditions, il est impossible de faire usage des aiguilles.

Le diagramme n° 2 montre comment, avec de légères additions dans le réseau, il sera facile d'arriver à une exploitation régulière sans aiguillage.

Au centre un double huit est formé par les lignes teintées en rouge, il est entouré d'un cercle teinté en bleu.

L'exploitation des deux circuits sera, pendant les heures chargées de la

journée, complètement indépendante l'une de l'autre. — Sur les lignes tracées en vert, circuleront seulement les trains en marche.

On a évalué le trafic des diverses lignes en prenant pour base la circulation actuelle sur les lignes d'omnibus parallèles sans aucune majoration. On est ainsi arrivé à un chiffre de recettes brutes de 400,000 francs par kilomètre.

Il est incontestable qu'une partie notable des voyageurs continueront à circuler en omnibus. Mais, d'un autre côté, le nouveau mode perfectionné de locomotion mis à la disposition du public, aura pour effet d'augmenter la circulation dans des proportions énormes. C'est ainsi que la substitution des grandes voitures aux voitures ordinaires a amené une augmentation immédiate de 50 pour 100 dans le trafic de la ligne Madeleine-Bastille. C'est ainsi encore que les tramways transportent trois fois plus de voyageurs que les lignes d'omnibus auxquelles on les a substitués.

Un chiffre de recettes de 400,000 francs par kilomètre ne peut pas être taxé d'exagération en présence de chiffres de 550,000 francs pour la ligne d'omnibus Madeleine-Bastille, de 750,000 francs pour la section de ligne de l'ouest comprise entre les gares Saint-Lazare et des Batignolles, de 800,000 francs pour le métropolitain de Londres.

On objecte que la densité de la population est double à Paris de ce qu'elle est à Londres; mais c'est une raison pour que, toutes choses égales d'ailleurs, la circulation soit plus forte à Paris qu'à Londres. Les Anglais se déplacent à peu près tous une fois par jour pour venir des quartiers excentriques au centre, mais au lieu de se déplacer une seule fois, les Parisiens se déplacent plusieurs fois par jour.

Le mouvement journalier dure trois fois plus à Paris qu'à Londres.

Les dimanches, la circulation est presque nulle à Londres, tandis qu'elle est énorme à Paris.

Sous tous les rapports, la comparaison est donc favorable au métropolitain de Paris.

Ajoutons que les entreprises d'omnibus sont beaucoup plus prospères à Paris qu'à Londres.

M. Level. Je faisais partie de la commission d'enquête réunie le 4 avril. Sur la question de savoir si le projet d'un chemin de fer métropolitain avait un caractère d'utilité publique, il y a eu unanimité. En ce qui concerne l'acceptation du projet présenté, il est bon de ne pas oublier que nous étions en présence d'un seul projet.

Ceci dit, je pense que, au point de vue technique, il serait intéressant de savoir si le métropolitain, par le système de construction qui nous est présenté, est bien la solution la plus convenable pour Paris. A cet égard, je voudrais soumettre quelques réflexions. Il me paraît que, dans cette question-là, il y a deux choses que l'on confond, bien qu'elles soient parfaitement distinctes; les besoins de l'alimentation de Paris, et les besoins de la

circulation des Parisiens. La Société pourrait étudier tout dabord la question de savoir si le métropolitain doit servir au transport des marchandises, soit de Paris à Paris, soit de transit. Si la Société, après discussion, reconnaissait qu'il est matériellement impossible et impraticable de faire passer des marchandises de gare en gare ou de réseau en réseau, nous nous trouverions en face de la circulation des voyageurs seuls, et peut-être le problème se présenterait-il sous un tout autre aspect.

Pour ma part, je verrais avec peine s'établir dans Paris un chemin de fer souterrain, passant quelquefois sous les égouts et avec des rampes de 20 millimètres. Il me semble qu'il y a là des questions techniques importantes à étudier. Il serait également intéressant d'étudier le métropolitain dans sa construction, et d'appeler, sur les détails de la question, l'attention de ceux qui présentent des projets. Si les marchandises ne doivent pas être transportées sur ce chemin, on pourrait rechercher si tout en conservant à la voie sa largeur naturelle, il n'y aurait pas lieu de faire une section surbaissée, comme le proposait M. Mantion, de façon que la population n'ait que quelques marches à descendre pour atteindre le niveau de la voie.

Je le répète, le projet tel qu'il est conçu, absolument souterrainement, ne me paraît pas répondre aux besoins des Parisiens.

M. LE PRÉSIDENT. Messieurs, vous venez d'entendre la proposition de M. Level. Il me semble que la question ayant été exposée d'une façon très complète par notre invité M. Soulié, il est très facile d'en ordonner l'examen dans le sens que vient de proposer M. Level. Nous trouverons, dans l'exposé de M. Soulié, tout ce qu'il faut pour cela : d'abord, le tracé; ensuite, la destination de la voie; ce que M. Level a défini par ces deux mots très nets : marchandises et voyageurs ou voyageurs seulement. Ces deux questions-là, nous pourrions déjà les traiter avec un gros intérêt. J'inviterai donc les orateurs qui désireraient prendre la parole,à se renfermer tout d'abord dans la question du tracé, point très important; si l'on examine la disposition du métropolitain de Londres, on voit qu'elle est bien différente de celle qui vient de nous être présentée, nos voisins se sont occupés surtout d'établir sous la ville une voie de circulation tellement simple que tout le monde la comprenne, qui ne comporte pas des détails qu'il soit nécessaire d'étudier pendant des mois pour les connaître; c'est la voie circulaire qui suit un tracé à peu près équidistant d'un point central déterminé. Ce système permet de jeter sous terre une partie considérable de la foule encombrante des rues de la cité et des environs.

Le tracé qui vient de nous être présenté paraît riche en points de destination, mais très difficile à apprendre par cœur de façon à pouvoir, sans hésitation, se jeter de la surface dans ces voies de circulation. Je ne suis pas contre la circulation souterraine, mais j'aimerais à connaître mon sort quand je descends sous terre, quelque puisse être le tracé. Je n'émets pas une opinion, je signale un point sur lequel il me paraît utile d'appeler la discussion.

M. Chrétien. Cet ordre dans la discussion est très naturel : je crois cependant qu'auparavant, il y aurait lieu de présenter quelques observations sur la communication de M. Soulié. On pourrait ensuite traiter la question du tracé.

M. le Président. Vous avez la parole sur la question générale.

M. Chrétien. Messieurs, vous avez entendu l'exposé très clair de M. Soulié, au sujet duquel je présenterai quelques remarques, sans vouloir revenir sur les objections qui ont été faites sur ce sujet dans les précédentes séances, et auxquelles la communication de M. Soulié ne donne pas une réplique suffisante selon moi.

M. Soulié vient de citer la délibération de la chambre de commerce, concernant le métropolitain ; il aurait dû ajouter, que la chambre a évité de se prononcer sur la question technique, et sur la question financière.

M. Soulié, je crois, se trompe au sujet des travaux d'asséchement. Dans une précédente séance, j'ai insisté sur ce fait qu'on rencontrerait des nappes d'eau un peu partout, et j'ai signalé notamment, les exemples des maisons construites sur pilotis, vers la place de la République, et des fondations de l'Opéra.

J'ai été surpris d'entendre M. Soulié, répondre qu'il n'y avait rien d'imprévu, et dire qu'on n'avait pas éprouvé de difficultés par suite de la nappe d'eau dans la construction de l'Éden-Théâtre, qui avoisine l'Opéra. Cela m'a paru peu vraisemblable; aussi, avant de répondre à une affirmation aussi précise, j'ai voulu me renseigner, et voici le résultat de mon enquête.

« Les architectes de l'Éden-Théâtre, MM. Klein et Duclaud, ont renoncé à descendre la scène à la cote du projet, et ont dû commencer les travaux à 1m,50 plus haut, par suite de l'abondance des eaux. Ils ont aussi dû restreindre les dimensions des sous-sols, à cause du coût élevé des travaux de défense contre les eaux. »

J'ai appris aussi que, pour la construction d'une maison particulière située près de l'église Sainte-Élisabeth du Temple, tout près, par conséquent du métropolitain projeté, les fondations ont exigé l'emploi de deux pompes développant 25 à 30 chevaux, et que ce travail a duré une année complète.

Ces chiffres montrent que M. Soulié pourrait bien se tromper grandement, en disant qu'une locomobile de 15 chevaux suffira pour l'asséchement du métropolitain tout entier, d'un bout de l'année à l'autre.

Le journal *La Ville de Paris*, contenait dans son numéro d'hier, un article consacré aux travaux de l'avenue de l'Opéra, dans lequel on lit ceci :

« Dans la fraction supérieure du parcours, les constructeurs ont eu de très grandes difficultés à vaincre. Sur plusieurs chantiers, les terrassiers, en creusant le sous-sol, ont mis à découvert une sorte de cloaque d'où jaillissait une boue noire, liquide et puante. On s'imaginait d'abord que c'étaient les vestiges d'un dépotoir, qui avait dû être jadis établi en cet

endroit; mais c'était une erreur. Ces fanges étaient d'origine paludéenne; elles provenaient d'un marécage souterrain formé par la nappe extravasée de la Grange-Batelière; ce marécage avait déjà été rencontré dans les fouilles de l'Opéra. »

Sur la rive gauche, nous voyons chaque année la Seine déborder et inonder les caves des maisons riveraines, sur une grande étendue. Il suffirait d'une crue ordinaire pour inonder le souterrain à certains endroits.

On aura aussi à compter avec les catacombes, comme travaux imprévus: quand on voit ce que coûtent les fondations de l'église du Sacré-Cœur, à Montmartre, on se demande ce que coûterait le tunnel dans les parages du Panthéon.

Je reconnais que toutes ces difficultés ne sont pas au-dessus de l'art de l'ingénieur, et qu'en définitive, il n'y a là qu'une question de temps et d'argent. J'ajoute même que la question d'argent me paraîtrait fort secondaire, si la solution proposée donnait toute satisfaction, mais il n'en est pas ainsi: la question d'aération a pour moi une bien plus grande importance, et me paraît loin d'être convenablement assurée.

M. Soulié, nous dit à ce sujet, avec une assurance qui ne suffit pas à me convaincre, qu'il ne comprend même pas qu'on revienne sur ce sujet, tellement la chose est simple et facile : et puis c'est tout!...

Voici en quels termes le rapport du projet résout cette grave question :

« En dehors des ouvrages spéciaux, qui auront pour résultat d'aérer et d'éclairer certaines parties d'une manière assez complète, on établira de nombreuses cheminées d'aérage allant déboucher dans des refuges, sur les trottoirs des boulevards, entre les arbres ou enfin sous les kiosques. Ces cheminées auront un espacement moyen de 50 mètres. »

Remarquons d'abord que la ligne principale qu'il s'agit de construire en premier lieu, suit la rue de Rome, la rue Auber, la rue du Quatre-Septembre, la rue de Réaumur, la rue de Turbigo; c'est-à-dire, que sur la plus grande partie de son parcours dans Paris, il n'y a ni boulevards, ni kiosques, ni arbres; que les trottoirs de ces rues n'ont que 4 mètres de largeur, et qu'il est par conséquent impossible d'y établir des kiosques, des refuges, des cheminées.

Mais admettons néanmoins que l'on puisse édifier sur tout ce parcours les cheminées dont on parle, atteindra-t-on du moins le but cherché? Les auteurs du projet le croient sans doute; mais leur erreur est si grande, suivant moi, que je m'étonne de la leur voir commettre.

Suffirait-il donc d'établir des cheminées, quelque hautes qu'on veuille les supposer, pour obtenir la ventilation d'un sous-sol quelconque? Assurément non! et c'est grand dommage. Que de problèmes difficiles seraient facilement résolus s'il en était ainsi!

Bien que la démonstration d'une chose si connue puisse paraître superflue devant une réunion d'ingénieurs, laissez-moi la faire en peu de mots:

Une cheminée n'est, par elle-même, qu'une construction absolument inerte, incapable de produire aucun tirage ni aucune ventilation sans l'in-

tervention de la chaleur ou d'une force quelconque. Dans toute cheminée où n'intervient pas le tirage forcé, la cause qui produit le tirage est la différence de poids qui existe entre la colonne d'air renfermée dans la cheminée et celui d'une semblable colonne d'air extérieur. L'intensité de cette cause a pour expression la formule :

$$H\ a\ (t - t')$$

dans laquelle H représente la hauteur de la cheminée, a le coefficient de dilatation de l'air, et $t - t'$ la différence des températures intérieures et extérieures.

Le facteur $t - t'$ peut être positif, nul, ou négatif, et conséquemment, quelle que soit la valeur de H a, le produit est positif, nul ou négatif.

Il ressort donc de cette simple démonstration, que la présence de la cheminée peut devenir un obstacle à la ventilation. Remarquons que c'est précisément en été, alors que la température extérieure est plus élevée que celle du tunnel, que la cheminée pourra gêner la ventilation, c'est-à-dire dans la saison où l'aération est surtout indispensable.

Du reste, si la solution était aussi simple qu'on nous le dit, il est certain que le métropolitain de Londres serait mieux aéré, car on étouffe réellement dans certaines parties du parcours, bien que la Compagnie fasse tout ce qu'il lui est possible de faire. En ce moment même, elle est en instance pour obtenir du Parlement un *bill*, l'autorisant à établir des prises d'air plus nombreuses que celles qui existent.

M. LE PRÉSIDENT. Je voudrais que vous abrégeassiez sur la question générale pour rentrer dans la question du tracé que j'ai indiqué.

M. CHRÉTIEN. Le tracé en quelque sorte théorique, qui conviendrait le mieux pour desservir une surface donnée et permettre à un voyageur de se rendre d'un point à un autre en suivant le plus court chemin, serait assez bien représenté par une vaste toile d'araignée, composée de lignes rayonnant du centre à la périphérie et de lignes circulaires concentriques, l'ensemble formant ainsi un réseau dont les mailles seraient plus serrées au centre qu'à la circonférence.

En Amérique, où les rues sont ordinairement parallèles suivant deux directions qui se croisent à angle droit, on arrive à d'assez bonnes solutions en suivant ces rues. Quel que soit le point où on veuille se rendre, il suffit de suivre la rue où l'on se trouve, jusqu'à ce que l'on rencontre celle où l'on va et l'on arrive ainsi sûrement et sans hésitation, sans avoir fait aucun détour.

Au lieu du système de voies parallèles se croisant à angle droit, le système hexagonal, c'est-à-dire celui de voies parallèles se croisant suivant un angle de 120 degrés, et donnant par conséquent trois directions au lieu de deux, serait encore préférable, s'il ne s'agissait que d'indiquer les chemins de plus courte communication.

Mais ces indications ne peuvent pas s'appliquer à Paris; il faut prendre

la ville telle qu'elle est et chercher le meilleur tracé, sans trop compter sur les grandes percées d'avenues, qui seraient cependant si nécessaires.

Il suffit de regarder le plan de Paris, pour voir combien une bonne solution est rendue difficile, si l'on veut se contenter de suivre les voies existantes. Au premier aspect, on voit que les voies qui rayonnent vers le centre existeraient presque si les lignes de chemins de fer actuels pénétraient plus avant dans la ville et surtout, si elles étaient plus nombreuses. Quant aux lignes concentriques, celle des boulevards extérieurs est seule bien indiquée.

Suivant moi, tous les autres tracés sont à étudier selon le mode d'exécution qui devra être adopté.

M. Douau. Les considérations que vient de présenter M. Chrétien ne me semblent pas répondre à la question posée, celle de l'examen du tracé tel qu'il nous a été soumis. Il y a un point qui m'a frappé dans la conclusion de M. Chrétien. Il nous a parlé de lignes rayonnantes et a cité deux régions parmi lesquelles ces lignes n'existent pas. Mais, d'après le compte rendu de M. Soulié, on a prévu ces deux lignes rayonnantes : la première, celle de Saint-Cloud, qui longe le bois de Boulogne ; et une seconde, partant du chemin des Moulineaux, et longeant la Seine pour venir rejoindre la ligne circulaire qui se rattache à la ligne d'Orléans.

Maintenant, en examinant le tracé que nous avons sous les yeux, je crois remarquer qu'il y a une ligne circulaire tracée d'une façon absolue : c'est la ligne de ceinture actuelle; et enfin, est-ce qu'il n'est pas prévu une jonction complète formant une ligne périphérique intérieure, circulaire, entre le centre de Paris et la ligne de Ceinture? Donc on a résolu une partie du problème.

M. Chrétien nous a parlé des difficultés qu'on rencontrera lorsqu'on sera sur les catacombes ; il me paraît y avoir à cela une réponse simple, c'est celle-ci : On peut rencontrer des difficultés très grandes lorsque l'on construit une maison dans un endroit isolé que l'on ne connaît pas ; tandis qu'au contraire, en se plaçant sur un sol bien étudié, on peut éviter ces difficultés ou au moins les bien diminuer.

En résumé, je crois qu'il y a dans le tracé qui nous est présenté une ligne circulaire intérieure; reste à savoir s'il n'y a pas un projet plus complet.

M. Vauthier. Il me paraît difficile de s'occuper du tracé métropolitain sans avoir l'idée du système de propulsion et de mode d'établissement qu'on adoptera, et sans s'occuper aussi de la destination de la voie.

Il serait indispensable tout d'abord de savoir si l'on veut transporter à la fois des voyageurs et des marchandises. Si la question était résolue affirmativement pour les marchandises, le tracé devrait être différent de celui qui répondrait au cas du transport de voyageurs seulement.

Je crois, pour ma part, que le métropolitain, sauf quelques rares exceptions, doit être considéré uniquement comme un moyen de favoriser la

circulation des personnes; cela me paraît être le résultat auquel on arrive quand on réfléchit sur la question et je dirai, dans cet ordre d'idées, qu'une proposition de ligne des Halles ne me paraîtrait pas extrêmement heureuse, si la ligne devait s'arrêter là.

Ces réserves faites au point de vue abstrait et pour que la généralité de la question ne soit pas atteinte, je tâcherai de me renfermer dans la question de tracé, et je dirai d'abord ceci : c'est que dans cette séance et dans les précédentes on s'est demandé s'il fallait adopter un système analogue à celui des grandes lignes, quelquefois en tranchées, quelquefois au niveau du sol, quelquefois en souterrain, c'est-à-dire un système de voies exploitées par locomotives, ou s'il ne convenait pas, au contraire, de faire appel à des modes d'établissement et de traction spéciaux. Je n'ai pas à me prononcer sur la question de savoir s'il faut ou non admettre sans réserves, dans le métropolitain, les locomotives et les wagons des grandes lignes; mais ce que je sais, c'est qu'il convient d'écarter tous les systèmes de section réduite, qui ont plus ou moins le caractère de joujoux. Le problème à résoudre est un problème dont je crois qu'on ne saisit pas bien la complexité. Il s'agit de favoriser la circulation dans une ville où il y a déjà les omnibus, les tramways, les chemins de fer, comme la ligne de ceinture et la ligne d'Auteuil, les bateaux sur la Seine, etc. La puissance d'action de ces moyens de transport est déjà énorme. Leur insuffisance est cependant notoire, et c'est à cela qu'il faut pourvoir.

Les omnibus et tramways ont transporté, en 1880, 174 millions de voyageurs. Il faut se demander si le Métropolitain que nous avons sous les yeux sera assez puissant pour suffire aux besoins qui restent encore à desservir. Si l'on prend le nombre de voyageurs transportés par les omnibus et les tramways, que l'on se rende compte du nombre de voitures employées, des parcours journaliers qu'elles font, du nombre de places que chaque voiture offre aux voyageurs et qu'on ramène enfin la question à ce terme simple : combien les omnibus et les tramways offrent-ils aux Parisiens de places kilométriques par an, on trouve que les omnibus et les tramways offrent, par an, au public, 986,325,502 places kilométriques; en divisant ce nombre par celui des voyageurs transportés, on arrive à avoir un parcours, par voyageur, de 5 kil. 60. Chaque place parcourt donc 5 kil. 60 pour transporter un voyageur.

Passons maintenant au Métropolitain, et demandons-nous quelle sera la puissance de fonctionnement de ce système. Imaginons que la partie qui traversera les points de la ville où la population est la plus dense ait un développement de 30 kilomètres; supposons 150 trains circulant dans chaque sens par jour, ce qui est beaucoup (cela suppose, en effet, des trains toutes les six minutes, pendant une période de 15 heures); supposons en outre que, conformément à ce que la Compagnie du Métropolitain veut faire, je crois, le train offre 400 places, le nombre de places kilométriques annuelles serait de 1 milliard 300 millions. Mais, pour le Métropolitain, le parcours de la place offerte ne sera pas aussi court que pour les omnibus;

il importe même qu'il y ait souvent des places vides, sans quoi le but serait manqué. Il faut un système élastique dans lequel on ne soit pas obligé d'attendre à la porte. Supposons en conséquence, pour la place offerte, un parcours moyen de 15 kilomètres; nous arriverons à ceci, c'est que le Métropolitain pourra transporter 88 millions de voyageurs par an; c'est-à-dire qu'il aura la moitié de la puissance de fonctionnement des omnibus On voit que c'est loin d'être trop. Dans les conditions dont nous parlons il n'est pas simple d'imaginer à Paris de nouveau mode de locomotion qui satisfasse aux besoins d'une circulation qui dépasse toutes limites. Nous savons tous ce que sont ces foules haletantes qui attendent, sous la pluie, que l'omnibus leur donne asile. Donner satisfaction à ce besoin dans la mesure voulue n'est pas chose facile; dans ces conditions, non seulement le Métropolitain fortement agencé qu'on nous propose ne sera pas trop puissant, mais il ne le sera peut-être pas assez. J'estime que ces considérations doivent écarter tous les systèmes qui consistent, comme quelques personnes le proposent, à faire circuler mécaniquement en l'air ou autrement des trains de véhicules légers semblables à des cabriolets ou à des fiacres. La solution n'est pas là. Il faut, pour le Métropolitain, un système doué d'une puissance de fonctionnement considérable. Voilà le premier point.

Ceci dit, je commencerai, pour la question du tracé, par dire une chose qui va peut-être paraître une énormité, c'est qu'il faut, dans Paris, tracer un chemin de fer d'après les mêmes règles que celles qui président à un tracé en rase campagne. Ici, comme là, il y a lieu de se préoccuper des besoins et, comme lorsque l'on vâ d'une ville à l'autre, rechercher les points où il y aura le plus de voyageurs. Le but à atteindre étant précisé, on fait ensuite son chemin dans les conditions les plus économiques; on le met à niveau, en viaduc, en remblai, en tranchée, en souterrain, suivant les circonstances. Dans le cas d'une ville comme Paris, il faut diriger son chemin de manière à desservir les parties de la ville où la population est plus dense et à mettre le plus possible chaque point en rapport avec tous les autres. Par là, nous sommes conduits à nous dire que la ligne circulaire, la ligne périphérique, analogue à celle que nous trouvons à Londres, est celle qui donne la caractéristique d'un métropolitain. Cela étant, il faut chercher un moyen de la réaliser. Je ne dis que ce que nous avons sous les yeux soit sans défaut, mais je vois que cela satisfait évidemment à la convenance de mettre les diverses parties de la ville en relation les unes avec les autres. On cherche quelquefois à simplifier la question en disant : il y a à Paris deux courants de voyageurs, l'un du nord au sud, l'autre de l'est à l'ouest. Rien n'est moins exact. La population de Paris va de tous les côtés, il faut lui donner le mouvement dans tous les sens.

Maintenant, j'ajoute ceci : c'est que, tout en cherchant le système qui satisfasse le mieux aux besoins à desservir, il y a la question d'économie. Or, elle ne consiste pas toujours à prendre la ligne droite, pour aller d'un

point à un autre, et, lorsqu'on a un système plus rapide de locomotion, on peut faire un léger détour sans perdre de temps. Ces conditions étant données, on arrive à ceci, c'est que, suivant les points dans lesquels on se trouve, il faut être au-dessus du sol quand la chose est possible, au-dessous du sol quand on ne peut pas faire autrement. Je conviens qu'il est plus agréable de circuler à l'air libre qu'en souterrain; mais il ne faut pas pousser les choses à ce point qu'on ferait croire que les Parisiens ne circulent pas la nuit. Eh bien, dans des voitures bien éclairées, on circulera dans un souterrain, comme à Londres, en lisant son journal; il faudra certainement pour cela que l'éclairage soit plus parfait que celui que nous donnent actuellement nos grandes compagnies. Mais cela n'est vraiment pas difficile. Au métropolitain de Londres, on circule sans s'occuper si l'on est ou non en souterrain. Il ne faut pas se figurer que les Parisiens refuseront à utiliser un moyen de transport commode et rapide. La population de Paris est la plus laborieuse qui soit au monde. Ce sont des gens d'affaires qui circuleront dans le métropolitain, et ils apprécieront vivement le temps qu'ils gagneront.

Il est certain que l'on trouvera dans le sous-sol de Paris quelques difficultés locales par la rencontre du réseau des égouts. J'ai constaté en dehors du projet qui vient de nous être présenté que, quand on veut descendre du boulevard de Courcelles vers la gare de l'Ouest et poursuivre ensuite vers le grand Opéra, on trouve une série de ramifications d'égouts dont il n'y a qu'un moyen d'en sortir: c'est de les dévier, de les faire passer sous la gare de l'Ouest, à la hauteur de la place de l'Europe, et de les envoyer, de là, au grand égout collecteur. Il y a des endroits où, en suivant une rue, on sera obligé de border le tunnel de deux égouts de ceinture; mais, en définitive, ce n'est jamais là, au point de vue où sont placés aujourd'hui les constructeurs, qu'une question d'argent. C'est une dépense en plus, mais ce n'est que cela. Voilà ce qui me paraît la vérité au sujet du métropolitain.

M. LE PRÉSIDENT. Messieurs, il est trop tard pour continuer cette discussion, nous la remettrons à une prochaine séance, probablement à la première; nous ne pourrons donner suite à ce qui avait été prévu pour la séance du 5 mai, relativement à la discussion de la communication de M. Bouquet de la Grye sur *Paris port de mer*: d'une part, l'orateur qui s'est fait inscrire et qui aurait parlé avec beaucoup d'autorité, est absolument dans l'impossibilité d'assister à cette séance; d'un autre côté, nous avons une communication que nous devons mettre à l'ordre du jour de la séance du 5 mai, M. de Coene, qui nous a promis depuis longtemps un travail sur la Seine maritime est prêt, et cette question-là est trop connexe avec celle relative à la communication de M. Bouquet de la Grye, pour qu'il n'y ait pas intérêt à l'entendre avant la discussion sur Paris port de mer. Donc, pour la prochaine séance, nous avons la communication de M. de Coene et nous continuerons la discussion sur le métropolitain.

M. VAUTHIER. Je propose une motion d'ordre. L'assemblée écoute avec

beaucoup d'intérêt les communications faites, mais il faut avouer que c'est bien long et puis la discussion ne vient que lorsque la communication a été imprimée. Voici ce qui se passe à la Société des Ingénieurs civils de Londres : avant qu'un mémoire soit présenté, on le fait imprimer, et il est distribué à tous les membres de la Société. Tous arrivent à la séance, ayant lu leur « bréviaire; » on ne perd pas de temps à écouter une lecture inutile et les choses marchent rapidement. Je vous soumets cette idée, que le comité peut examiner; je crois que ce serait se mettre à la hauteur pratique des choses que d'adopter cette mesure. Il n'y a plus nulle part d'assemblée où, sauf les cas exceptionnels, on lise à la tribune des rapports soumis à une discussion ultérieure.

M. LE PRÉSIDENT. M. Vauthier, vous n'avez pas remarqué que, depuis trois mois, les discussions n'ont jamais lieu qu'après que les membres de la Société ont reçu communication de ce qui doit être discuté.

M. DALLOT. M. Vauthier veut dire qu'on gagnerait du temps en séance en remplaçant la lecture des rapports par la discussion des communications imprimées et distribuées à l'avance.

M. LE PRÉSIDENT. Jusqu'à présent, nous avons gagné ceci, c'est que jamais il n'y a eu de discussion sur un sujet sans que la communication imprimée ait été distribuée à chacun des membres, tout en laissant le soin au comité de voir si tout ce qui est proposé à la Société doit ou ne doit pas être lu; nous faisons de notre mieux au bureau. Je vous ai raconté moi-même, le jour où vous m'avez fait l'honneur de me mettre à cette place, que les ingénieurs anglais n'admettaient à la lecture que les travaux qui engageaient les principes.

Je crois qu'il y a des idées qui appartiennent à un homme et qui demandent à être exposées, avec la chaleur, la capacité et la conviction de cet homme. Il y a là une mesure à appliquer et nous tâcherons de l'appliquer le mieux possible.

La séance est levée à onze heures un quart.

CHRONIQUE

Sommaire. — Note sur les Annuaires américains des Mines et de la Métallurgie, publiés par M. R. W. Raymond. — Matériel de traction du chemin de fer du Gothard. — Projet de règlement pour le transit international du matériel roulant des chemins de fer. — Machine Corliss, système Bouvret. — Emploi de l'huile pour calmer l'agitation de la mer. — Production houillère de la Grande-Bretagne.

Note sur les **Annuaires américains des mines et de la métallurgie**, publiés par M. R. W. Raymond.

Notre collègue et ancien président, M. Jordan, a bien voulu nous donner pour la Chronique le compte rendu qui suit :

« M. R. W. Raymond, ancien président de l'Institut américain des ingénieurs des mines, et membre honoraire de notre Société, lui a fait don de la collection des rapports adressés par lui au gouvernement des États-Unis, en sa qualité de commissaire spécial de la statistique minérale. Cette collection, peut-être unique à Paris, comprend huit volumes parus de 1869 à 1876, et portant le titre modeste de *Statistique des mines et de l'industrie minière dans les États et Territoires à l'Ouest des montagnes Rocheuses*. Ce titre ne permet guère de deviner la source abondante des renseignements précieux et inédits sur les industries minières et métallurgiques, qui se trouve renfermée dans ces huit volumes; c'est pourquoi j'ai cru utile pour nos Collègues de faire une analyse sommaire de leur contenu. Je suis convaincu qu'en le faisant, je rendrai service à tous ceux d'entre nous qui s'occupent de mines métalliques ou de la métallurgie des métaux autres que le fer.

Le premier volume, daté de 1869, contient, dans une première partie qui se retrouve dans les autres, un rapport sur la situation des mines de Californie, de Nevada, de Montana, d'Idaho et des autres États du Pacifique, pendant l'année 1868, rapport accompagné de cartes, plans et coupes. Je dirai de suite, qu'on trouve dans ces rapports officiels et désintéressés des renseignements qui peuvent servir souvent à contrôler les assertions de ceux qui viennent offrir aux capitalistes français des affaires de mines dans ces pays lointains, comme j'ai eu plusieurs fois l'occasion de le constater moi-même.

La seconde partie comprend deux chapitres : le premier consacré à une étude critique des lois de mines, chez les anciens et au moyen âge, puis

en Espagne, en Allemagne, en France, en Suisse, en Angleterre, en Australie et au Canada ; le second à la comparaison des Écoles de mines de Freyberg, de Paris, de Berlin et de Clausthal, ces deux chapitres étant destinés à aider à la préparation d'une loi et d'une école des mines américaines.

Le second volume (1870), après le rapport sur les mines, qui en forme la première partie, et des observations sur la loi des mines, qui forment la seconde partie, contient d'abord un mémoire intéressant sur les gîtes minéraux au point de vue général, puis une quatrième partie intitulée : les *Machines de l'industrie minière ;* cette partie forme un véritable traité sur la matière écrit par M. le professeur Blake (que nous avons vu en 1878, membre du Jury international, classe 43), et qui présente pour nous, Français, un intérêt particulier à cause de son cachet américain. Elle comprend six sections : 1° *Moyens et appareils pour abattre le roc et les minerais* (abatage hydraulique, outils à main, explosifs); 2° *Perforation et excavage mécaniques* (Machines pour perforer le roc, forage de puits pour l'eau et le pétrole, forage de puits de mines. Lavage mécanique de la houille); 3° *Transports*, *aérage*, *etc.* (Tramways et wagons, appareils d'extraction, parachutes, épuisement des eaux, échelles mobiles pour les mineurs, aérage, lampes de sûreté et incendie des mines); 4° *Concassage*, *broyage et pulvérisation des minerais* (broyage et concassage, bocards et batteries, moulins de pulvérisation et d'amalgamation; 5° *Séparation et concentration* (concentration des alluvions aurifères, concentration des minerais de filons); 6° *Moulins à vent* (emploi du vent comme moteur dans les mines).

Une cinquième et dernière partie traite des *procédés métallurgiques*, spéciaux aux usines, qui traitent les minerais d'or et d'argent de l'Ouest; après des remarques générales, on y trouve la description du procédé de Reese-Rio et de l'usine Mettacom, celle d'un nouveau procédé de lixiviation et de chloruration des minerais d'argent, du procédé de chloruration Brüchner, du fourneau Stetefeldt, enfin des notes sur l'électro-métallurgie californienne.

Le troisième volume, daté de 1871, contient, comme toujours, d'abord le rapport annuel sur les mines, puis, sous la rubrique *Procédés métallurgiques*, les chapitres suivants : Traitement des minerais aurifères dans le Colorado, vitesse des bocards dans le Colorado et ailleurs; procédé d'amalgamation Washoe, chloruration des minerais d'or; fusion des minerais d'argent; enfin, sous la rubrique *Mélanges*, des notes sur les chemins de fer à voie étroite, sur la loi des mines américaines, la distribution géographique des districts miniers, l'origine des pépites et des paillettes d'or, etc.

Le quatrième volume (1872) commence, comme d'ordinaire, par le rapport annuel sur l'état de l'industrie minière, puis contient, sous la rubrique *Procédés métallurgiques* une série de mémoires étendus dont voici les titres : 1° Traitement des minerais de plomb argentifère dans les territoires de Nevada, Utah et Montana; 2° Résultats économiques du traitement par

fusion des minerais d'or et d'argent; 3° Amalgamation des minerais d'or; 4° Amalgamation des minerais d'argent dans des bacs avec le secours de réactifs chimiques; 5° Traitement des minerais d'argent natif dans le Chihuahua; 6° Réduction des minerais d'argent au Chili; 7° Valeur métallurgique des lignites de l'Ouest; 8° Métallurgie du soufre natif.

Ensuite vient, sous la rubrique *Mélanges*, une série de notes sur la loi des mines, sur les écoles américaines de mines et de métallurgie (au nombre d'une trentaine parmi lesquelles onze sont particulièrement examinées, y compris l'Institut Stevens de technologie, dont cinq plans sont donnés), sur le perforateur Burleigh, sur le crible laveur continu de Stapff, sur les transports par câbles; enfin, sur l'action de l'électricité sur les roches.

Le cinquième volume (1873), renferme une belle carte géologique coloriée des États-Unis, dressée par MM. Hitchcock et Blake, en même temps que le rapport habituel sur les mines, puis une série de rapports métallurgiques, savoir : 1° le Traitement des minerais d'or en Californie; 2° Résultats de la fusion des minerais de plomb au four à cuve soufflé dans diverses usines américaines et européennes; 3° Résultats économiques des fonderies de l'Utah; 4° Valeur calorifique des lignites de l'Ouest; 5° De la séparation de l'or et de l'argent; 6° Les rivières pléocènes de Californie; 7° l'Exploitation des mines par l'eau en Californie (Mémoire bien fait sur des procédés peu connus en Europe); 8° La préparation mécanique des minerais. Le volume se termine par des Mélanges sur divers appareils métallurgiques nouveaux (machines d'amalgamation, bocards, etc.), sur la carte géologique des États-Unis, et sur diverses statistiques.

Dans le sixième volume (1874), je signalerai les mémoires suivants : 1° L'exploitation des minerais de mercure; 2° Remarques sur le procédé Washoé : 3° La fonderie de Mount-Lincoln, dans le Colorado; 4° Métallurgie du plomb et de l'argent à Chicago; 5° Usine de fusion et de raffinage à Wyandotte; 6° Les fonderies du Hartz; 7° La désargentation du plomb par le zinc; 8° Déchets possibles à éviter des fonderies américaines; 9° Fours de grillage de Küstel; 10° Cylindres de Brückner; 11° Description du laboratoire métallurgique de l'Institut technologique de Boston; 12° Fonçage des puits, au moyen du perforateur à diamant; 13° Les défauts de la loi des mines. Je ne dis rien des rapports et statistiques habituels.

Les mémoires intéressants du septième volume (1875), sont les suivants: 1° Progrès de la métallurgie dans l'Ouest en 1874; 2° La distillation de l'alliage zinc-argent; 3° Traitement du plomb argentifère à la fonderie de Winnamuck; 4° l'Usine Germania d'affinage et désargentation dans l'Utah; 5° Un fondage au fourneau de la Compagnie Empire City dans le Nevada; 6° La construction et le travail d'un fourneau à scories; 7° La houille et le coke des montagnes Rocheuses; 8° Séparation du cuivre gris et de la baryte; 9° Le procédé Patcher; 10° Géologie de la Sierra Nevada au point de vue des filons; 11° Historique des valeurs relatives de l'or et de l'argent;

12° Les perfectionnements récents de l'outillage des mines dans les États du Pacifique (par M. W. Blake).

Enfin, le huitième et dernier volume (1876), renferme : 1° Un siècle de travaux miniers et métallurgiques dans les États-Unis, par M. A. Hewitt; 2° l'Usine Boston et Colorado dans le Colorado, par M. Egleston, professeur de métallurgie, à l'École des mines de New-York (traitement des minerais de cuivre aurifères et argentifères); 3° Le procédé Hunt et Douglass pour le traitement des minerais de cuivre (par la voie humide); 4° Résultats du fourneau Stetefeldt; 5° L'appareil Krom, pour la pulvérisation et la concentration des minerais; 6° Étude du mouvement de petites sphères solides dans des courants liquides ascendants et dans des liquides en repos; 7° Notes sur le cylindre Brückner; 8° Concentration à sec du minerai d'argent dans l'atelier Manhattan, à Austin (Nevada).

M. R. Raymond a cessé en 1876 la publication de ces intéressants annuaires, et j'ignore si cette tâche a été reprise depuis par un autre commissaire des mines. Quoi qu'il en soit, ces huit volumes sont de nature à donner une haute idée de l'état d'avancement de l'industrie minérale dans les régions lointaines du Pacifique si riches en minerais d'or, d'argent, de cuivre, de plomb et de mercure, et à inspirer une grande considération tant pour leur auteur que pour les ingénieurs, métallurgistes et mineurs, dont il rapporte les travaux trop peu connus de leurs collègues français. La Société des Ingénieurs civils, doit savoir gré à M. Raymond, d'avoir enrichi sa bibliothèque de cette collection de renseignements à peu près inédits dans notre pays. »

Matériel de traction du chemin de fer du Gothard. — Notre collègue M. Paur, correspondant de la Société pour la Suisse allemande, a bien voulu nous envoyer pour la Chronique, sur les locomotives du chemin de fer du Gothard, des renseignements qu'on trouvera dans le tableau ci-après.

Ces machines, au nombre de 61, appartiennent à huit types différents, dont les éléments sont donnés dans le tableau et dont voici les caractères principaux et la provenance.

A. Machines-tender à deux essieux accouplés pour trains mixtes et service de manœuvre dans les gares, construites par la Schweizerische Locomotiv und Maschinen Fabrik, Winterthur.

A_1. Machines légères du même type pour l'embranchement de Locarno et servant au service de la poste dans le tunnel avant l'ouverture de l'exploitation, même constructeur que les précédentes.

B. Machines à tender séparé à deux essieux accouplés et un essieu porteur pour trains de voyageurs et trains rapides, provenant de la Maschinen bau Gesellschaft, Carlsrûhe.

B_1. Machines-tender à deux essieux accouplés et un avant-train améri-

DIMENSIONS PRINCIPALES DES LOCOMOTIVES DU CHEMIN DE FER DU GOTHARD.

SÉRIE.	Année de la mise en service.	Numéros des machines.	Nombre de machines.	DIAMÈTRE DES ROUES.		Longueur des tubes.	Surface de grille.	Surface de chauffe.	Diamètre des pistons.	Course des pistons.	Volume d'un cylindre.	POIDS AVEC LE TENDER		POIDS ADHÉRENT.		Effort de traction.	Vitesse en kilomètres à l'heure.	Puissance en unités.
				motrices.	de support.							en charge.	à vide.	maximum.	minimum.			
A	1874	1— 4	4	1.310	—	3.500	1.24	80.5	0.360	0.600	61.8	29.0	22.0	29.0	25.0	3.2	20	64
A_1	1882	11—12	2	1.000	—	2.490	0.38	26.9	0.220	0.350	13.3	14.9	12.0	14.9	12.0	1.1	20	22
B	1874	21—24	4	1.570	1.100	4 300	1.45	125.1	0.440	0.600	91.2	53.4	38.4	24.2	24.2	2.5	35	88
B_1	1882	25—30	6	1.570	0.840	4.016	1.45	103.7	0.410	0.612	80.8	43.8	32.6	27.1	21 6	2.5	35	88
C	1874	41—46	6	1.310	—	4.300	1.45	137.7	0.480	0.640	115.8	56.8	41 8	37.8	37.8	4.7	20	94
C_1	1882	51—66	16	1.310	—	3.900	1.80	135.6	0.480	0.640	115.8	65.0	45.0	42.0	42.0	5.0	20	100
C_2	1882	81—88	8	1.310	0.840	3.900	1.80	135.6	0.480	0.640	115.8	53.0	38.0	42.0	35.0	5.0	20	100
D	1882	101—115	15	1.160	—	4.200	2.15	158.0	0.520	0.610	129.5	75.0	55.0	54.0	51.0	7.5	15	112.5

cain, pour trains de voyageurs et trains rapides, construites par Krauss et Cie, à Münich.

C. Machines à tender séparé à trois essieux couplés pour trains de marchandises, dans les sections à petites déclivités (n'excédant pas 12 °/₀₀), et pour les trains de voyageurs ordinaires sur les rampes de 25 °/₀₀, provenant de la Maschinen bau Gesellschaft. Carlsrühe.

C_1. Machines du même genre et pour la même destination, construites par la Maschinen Fabrik Esslingen (Émile Kessler).

C_2. Machines-tender à trois essieux couplés et un essieu porteur, pour trains de marchandises et pour trains de voyageurs sur les rampes de 25 °/₀₀, construites par la Maschinen Fabrik Esslingen.

D. Machines à tender séparé et à quatre essieux couplés pour le service des trains de marchandises sur les rampes de 25 °/₀₀, provenant de la Maschinen Fabrik Maffei, à Münich.

Le tableau ci-joint contient les éléments principaux de ces machines, on y a joint l'évaluation en unités de puissance du type proposé par M. Abt, (voir Chronique de mai 1881, page 537, unités dont les éléments sont la tonne pour l'effort de traction, le kilomètre pour la distance parcourue et l'heure pour le temps ; nous rappelons qu'une de ces unités correspond à à 3,704 chevaux et qu'inversement un cheval représente 0.27 d'unité.

La pression pour toutes les chaudières est de 10 kilogrammes. Les poids ne sont, pour certains des types, qu'approximatifs.

Projet de règlement pour le transit international du matériel roulant des chemins de fer.

Nos collègues n'ont point oublié que, dans son discours d'installation, dans la séance du 9 janvier 1880, M. Gottschalk, président de la Société, a insisté sur les avantages présentés par l'organisation de l'Union (verein), des chemins de fer allemands et témoigne l'espérance que les associations de ce genre prendraient un développement de plus en plus grand et qu'on arriverait à une sorte de codification internationale, concernant les règlements et le matériel, au grand avantage de la circulation et des rapports des divers pays limitrophes.

En attendant la réalisation plus ou moins prompte de ces vœux, nous croyons qu'on lira avec intérêt, dans le même ordre d'idées, l'exposé des motifs à l'appui du projet établi par le département fédéral suisse des postes et chemins de fer concernant l'établissement de règles techniques uniformes pour le transit international du matériel roulant.

Le projet d'un nouveau règlement sur l'unité technique des chemins de fer suisses ayant été, en février 1879, communiqué aux gouvernements des trois États voisins avec lesquels la Suisse entretenait ou devait entretenir prochainement un trafic de transit direct et considérable : France, Allemagne, Italie, ainsi qu'à toutes les administrations de chemins de fer du pays et à celles d'un certain nombre de chemins de fer étrangers, avec

prière de faire les observations qui leur paraîtraient convenables, le Conseil fédéral suisse et son département des chemins de fer ont reçu successivement les réponses à ladite communication.

Ces réponses donnèrent lieu tout d'abord à des pourparlers avec la conférence des administrations de chemins de fer suisses, dans lesquels furent discutées les normes applicables au service direct des chemins de fer suisses. Ces pourparlers et notamment la comparaison avec les normes des autres États, amenèrent le département soussigné à la conviction qu'un règlement sur l'unité technique, à tous égards convenable au point de vue du transit, ne pouvait s'obtenir que par une entente avec les gouvernements des États voisins; car, par suite de la position particulière de la Suisse à l'intérieur du continent, le nombre des véhicules étrangers qui transitent sur ses chemins de fer est relativement considérable et ce nombre augmentera encore après l'ouverture des chemins de fer du Gothard et de l'Arlberg.

La nécessité d'une entente se fait notamment sentir à l'égard des dimensions des véhicules, desquelles dépend la possibilité du transit, comme par exemple, l'écartement des roues d'un essieu, les dimensions des bandages et de leurs boudins, la position et les dimensions des tampons, des attelages, etc., enfin le profil maximum des véhicules.

Les différences qui, sur ces points et sur d'autres, subsistent encore entre les règlements de différents pays ressortent clairement des tableaux comparatifs joints comme annexe au projet de règlement communiqué en février 1879.

Or, il est évident qu'un pays intérieur comme la Suisse, a un très grand intérêt à faciliter le transit international de véhicules quelconques et à disposer en conséquence les normes de ses chemins de fer. Ceci rencontre toutefois des difficultés pour les points à l'égard desquels les normes des États voisins diffèrent entre elles, comme, par exemple, entre la France, l'Allemagne et l'Italie.

Mais ces États eux-mêmes ont aussi un grand intérêt à rendre possible le transit sûr et facile de leur matériel respectif.

C'est pourquoi le département fédéral des chemins de fer s'occupe, déjà depuis un certain temps, de l'idée de proposer une conférence de délégués des États du centre de l'Europe, pour traiter la question des normes sur l'unité technique propre à faciliter le transit international sur les chemins de fer suisses. En conséquence, ce département a recueilli des données sur la question, et a pris des renseignements officieux au sujet de l'assentiment que pourrait éventuellement rencontrer l'idée de la conférence mentionnée ci-dessus.

Comme programme et point de départ des délibérations d'une telle conférence, le département des chemins de fer propose le projet ci-joint. Sauf quelques différences dans la forme et dans les chiffres, ce projet est conçu dans le même esprit que les normes pour le service direct des chemins de fer italiens, normes consignées dans le décret du 14 avril 1878 du minis-

tère italien des travaux publics, chapitre IV, intitulé : « Prescrizioni relative al materiale mobile destinato al servizio cumulativo. »

Ces normes italiennes sont motivées d'une manière très juste dans le rapport circonstancié intitulé : « Sul servizio cumulativo ferroviario; Relazione al ministero dei lavori publici, presentata dall' ingegnere F. Biglia, Ispettore del génio civile e dell' esrcizio delle ferrovie, a nome di una commissione da esso presieduta, Rome, novembre 1877. »

Le projet ci-joint se borne aux points énumérés ci-après :

1. Écartement des roues d'un essieu;
2. Largeur des bandages;
3. Jeu des boudins;
4. Écartement des rails;
5. Hauteur des boudins;
6. Épaisseur des bandages;
7. Hauteur des tampons des véhicules vides;
7 *a*. Hauteur des tampons des véhicules en pleine charge;
7 *b*. Écartement des tampons;
7 *c*. Diamètre des tampons;
7 *d*. Espace libre entre les tampons et la tête du véhicule;
7 *e*. Saillie des tampons sur le crochet de traction;
8. Longueur des attelages;
8 *a*. Petit diamètre des étriers d'attelage;
9. Attelages de sûreté;
9 *a*. Anneaux des attelages de sûreté;
10. Profil maximum des wagons et voitures.

Pour la plupart de ces points, on a prévu, comme dans les normes italiennes :

a. Une dimension maxima, et suivant les cas, une dimension minima pour le matériel existant propre au transit.
b. Un maximum ou un minimum pour le matériel neuf à construire dorénavant.
c. Une dimension normale.

En rédigeant le projet, on a naturellement tenu compte dans la mesure du possible, des normes et des dimensions qui existent dans les pays plus particulièrement intéressés dans la question. Néanmoins, le projet doit être considéré simplement comme un cadre destiné à énumérer et à expliquer les questions à traiter, soit à servir de base à la discussion commune de ces questions.

C'est dans ce sens que le département des chemins de fer compte prochainement proposer au Conseil fédéral suisse, d'inviter les gouvernements des États voisins, France, Allemagne, Autriche et Italie, à bien

vouloir désigner des délégués pour prendre part à une conférence technique, pour discuter le projet en question et éventuellement pour s'entendre, sous réserve de ratification, sur la ponctuation d'un nouvel accord concernant les matières dont il s'agit, chaque État, de son côté, pouvant à son gré inviter également à la conférence des délégués des administrations ou des associations de chemins de fer intéressées.

Berne, décembre 1880.

Le département fédéral Suisse des postes et chemins de fer.

Le projet qui précède a été communiqué au *Verein* des chemins de fer allemands, lequel a nommé spécialement une commission à l'effet de l'examiner. Le résultat de cet examen a conduit à l'élaboration du nouveau projet ci-après, qui a été approuvé par le *Verein*.

NOUVEAU PROJET

Relatif à l'unité technique pour le transit international du matériel roulant.

Établi d'après les résultats de l'examen du projet suisse de la part de la commission du Verein des chemins de fer allemands, nommée à cet effet.

OBJETS.	MAXIMUM pour le		MINIMUM pour le	
	Matériel existant	Matériel neuf	Matériel existant	Matériel neuf
	mm.	mm.	mm.	mm.
1. Écartement des roues d'un essieu, mesuré entre les plans intérieurs des bandages	1366	1363	1357	1357
2. Largeur des bandages	150	150	123	130
3. Jeu des boudins, mesuré verticalement jusqu'au sommet des rails, les roues ayant la position normale, sur voie en alignement et en palier	25	25	10	10
4. Écartement	—	—	—	—
5. Hauteur des boudins, mesurée verticalement jusqu'au sommet des rails, les roues ayant la position normale, sur voie en alignement et en palier.	35	—	25	25
6. Épaisseur des bandages de wagons et voitures, mesurée au point le plus faible du profil des bandages usés	—	—	19	—
7. Hauteur des tampons des véhicules vides, mesurée verticalement du sommet des rails au centre des tampons	1070	1065	—	—
7*a*. Hauteur des tampons des véhicules en pleine charge, mesurée verticalement du sommet des rails au centre des tampons	—	—	900	940
7*b*. Écartement des tampons, d'axe en axe d'une paire de tampons	1800	1750	1700	1750
7*c*. Diamètre des tampons	—	—	300	340
7*d*. Espace libre entre les tampons et la tête du véhicule ou les pièces y faisant saillie, mesuré parallèlement à l'axe du véhicule, les tampons étant serrés à fond de course	—	—	—	300
7*e*. Saillie des tampons sur le crochet de traction, mesurée parallèlement à l'axe du véhicule, entre l'intérieur du crochet non tendu et le front des tampons non serrés	410	395	—	345
8. Longueur des attelages, mesurée de l'intérieur du crochet de traction auquel l'attelage est fixé à demeure jusqu'à l'intérieur de l'étrier extrême, l'attelage étant entièrement étendu (tender desserré)	920	885	—	875
8*a*. Petit diamètre de la section de l'étrier d'attelage (étrier extrême)	33	33	—	33
9. Tous les wagons doivent être à chaque tête munis de un ou deux appareils servant d'attelage de sûreté, afin de prévenir la coupure du train en cas de rupture de l'attelage principal. Les appareils de sûreté doivent permettre l'attelage avec les véhicules usités sur les chemins de fer	—	—	—	—
9*a*. Anneaux des attelages de sûreté	—	—	—	—
10. Profil maximum des wagons et voitures	—	—	—	—

Additions.

a. L'écartement des roues des wagons à marchandises ne doit pas être inférieur à $2^m,50$;

b. Chaque wagon doit porter des inscriptions qui indiquent :

1. L'administration à laquelle il appartient;
2. Le numéro d'ordre de la ligne;
3. La tare, y compris les essieux et les roues;
4. Le tonnage;

c. Chaque wagon doit être muni de ressorts de suspension;

d. Les manivelles des freins doivent être disposées de façon que, lors du serrage des freins, elles tournent à droite (soit dans la direction de la marche des aiguilles d'une montre);

e. Les vigies des wagons doivent être construites de telle façon que, dans le cas où deux vigies sont placées l'une en regard de l'autre, elles ne puissent se toucher alors même que les tampons sont serrés à fond de course;

f. Les deux côtés frontaux de tous les trains de wagons doivent être munis d'appareils élastiques de traction et de choc;

g. Les parties les plus basses de tous les attelages qui ne peuvent être suspendus, doivent rester au moins à $0^m,75$ au-dessus des rails, alors même que les wagons sont complètement chargés;

h. Tous les wagons doivent satisfaire aux prescriptions des règlements de Douane (il est absolument urgent, pour obtenir des dispositions uniformes, de faire régler par voie internationale les prescriptions émises par administrations des Douanes);

i. Les wagons munis d'appareils permettant une position radiale des essieux extrêmes dans les courbes, doivent porter sur les longerons principaux, une inscription propre à les faire reconnaître comme tels;

k. Les voitures doivent être munies de dispositions préservatrices, destinées à empêcher les doigts d'être pris dans les feuillures des portières.

Nous donnerons dans la prochaine chronique le mémoire du *Verein*, contenant les observations d'après lesquelles a été modifié le projet ci-desssus.

Machine Corliss, système Bouvret[1]. — M. A. Brisse, correspondant de la Société en Italie, a envoyé une notice sur une machine Corliss perfectionnée que nous pensons intéressant de reproduire.

Cette machine construite aux importants ateliers de Pietrarsa-Granili, à Naples, sur les dessins de notre collègue, M. Bouvret, ingénieur en chef

1. Nous avons conservé la rédaction de M. Brisse, mais nous croyons devoir faire observer que la machine en question n'appartient pas au type Corliss, mais bien au type à distribution par soupapes avec commande par déclic.

de ces établissements, a figuré à la récente exposition nationale de Milan, où elle a obtenu une récompense distinguée et a été très remarquée des ingénieurs spéciaux et des constructeurs pour son ensemble compacte et bien disposé et pour plusieurs perfectionnements importants qui la distinguaient des autres machines à vapeur de différents systèmes exposées en grand nombre.

Cette machine est du genre Corliss avec distribution par soupapes équilibrées à admission variable par le régulateur et à condensation, mais les perfectionnements apportés par le constructeur sont assez importants pour faire de cette machine un type particulier, différant sensiblement des autres, ce que l'on comprendra par l'exposé qui va suivre.

La machine est formée :

1° D'un robuste bâti dont l'extrémité antérieure forme palier pour recevoir l'arbre moteur, tandis que la partie postérieure est terminée par une bride contre laquelle le cylindre est boulonné en porte-à-faux. Le condenseur venu de fonte avec le bâtis en forme partie intégrale, en servant en même temps de glissière à la crosse du piston et contient la pompe à air à double effet, tandis que du côté opposé se trouve la pompe alimentaire;

2° Du cylindre à vapeur à double enveloppe, fixé comme il a été dit plus haut à la bride postérieure du bâtis et ayant deux soupapes supérieures destinées à l'admission et deux autres soupapes inférieures pour l'échappement.

La vapeur provenant de la chaudière circule dans la chemise et vient affluer par la soupape de prise de vapeur dans la boîte de distribution pour s'introduire dans le cylindre. Le tuyau d'échappement se trouve placé entre les soupapes d'évacuation et, pour augmenter la stabilité de la machine, il a été exécuté de manière à servir d'appui au cylindre moteur;

3° Des organes de la condensation parmi lesquels on peut signaler les pièces qui actionnent la pompe à air et la pompe alimentaire; leur mouvement s'obtient par une contre-manivelle à laquelle s'attache une bielle verticale commandant un levier d'équerre qui transmet le mouvement à ces deux pompes;

4° Des organes de la distribution lesquels méritent à eux seuls un mention particulière.

Nous allons tâcher d'en donner une idée suffisante sans le secours de dessins. Comme dans la plupart des machines de ce genre, le mouvement de l'arbre moteur est transmis par des engrenages d'angle à un arbre longitudinal parallèle à l'axe de la machine; sur cet arbre sont calés quatre excentriques, deux pour les soupapes d'admission, deux pour les soupapes d'échappement.

Le mouvement des soupapes d'échappement est donné par la tige d'ex-

centrique à un levier qui agit sur la tige de la soupape, il n'y a là rien de particulier.

Le mouvement des soupapes d'admission est donné par l'intermédiaire d'un déclic sur lequel agit le régulateur.

Les soupapes d'admission ont une tige avec chape centrale, la partie supérieure de la tige porte un petit piston pressé par un ressort à boudin contenu dans une boîte cylindrique.

Un levier a une de ses extrémités engagée dans la chape pour produire le soulèvement de la soupape, l'extrémité opposée de ce levier a la forme d'une double came circulaire portant à son centre un butoir en acier. L'axe du levier est formé par un arbre longitudinal convenablement supporté et sur lequel agit le régulateur.

La barre d'excentrique qui s'élève sous une certaine inclinaison s'articule à son extrémité supérieure à une fourchette formant levier oscillant avec l'arbre longitudinal dont il a été question ci-dessus pour axe; de plus à la même extrémité supérieure s'articule également un double cliquet qui porte sur le butoir en acier indiqué plus haut. Il en résulte que la barre d'excentrique en descendant entraîne avec elle le mécanisme de la soupape et relève celle-ci tant que le cliquet porte sur le buttoir, mais dès que celui-ci échappe, la soupape se ferme; or l'échappement se fait plus ou moins tôt suivant qu'une petite came ayant pour axe l'arbre longitudinal commandé par le régulateur et pouvant par conséquent prendre des inclinaisons différentes agit plus ou moins vite sur le cliquet pour le dégager et laisser retomber la soupape.

Cette distribution peut, d'après l'auteur, être considérée comme un perfectionnement remarquable du mouvement de déclic des machines du genre Corliss, car outre l'ingéniosité du système au point de vue cinématique, il permet de faire varier l'admission de la vapeur entre les limites très étendues de 1/2 à 1/20 de la course du piston, ce qui ne doit pas être dépassé dans la bonne pratique, mais une des principales qualités de ce mécanisme est de permettre à ses organes de fonctionner à grande vitesse par effet de leur solidité à toute épreuve et de leur marche tout à fait silencieuse dérivant de l'absence d'articulations sujettes à prendre du jeu et du petit nombre des pièces qui entrent dans sa composition; d'un autre côté les cames mues directement par le régulateur ne causent, pour ainsi dire, aucune résistance pour cet organe, car elles n'en ont elles-mêmes aucune à vaincre, ce qui doit-être considéré comme un avantage. Du reste la machine que nous décrivons, après avoir fonctionné pendant six mois consécutifs à l'Exposition de Milan, n'a présenté aucune trace d'usure dans les pièces du déclic, qui, bien entendu, avaient été soigneusement exécutées et il est à regretter qu'elle n'ait pu fonctionner avec une chaudière isolée, ce qui aurait permis de constater ses qualités économiques eu égard au travail produit; toutefois il est certain que son rendement ne peut-être inférieur à celui des meilleures machines existantes du genre Corliss.

Nous terminerons cette courte description en donnant les principales dimensions de cette machine construite pour développer 30 chevaux.

Diamètre du cylindre	0m,390
Course du piston	0m,800
Pression effective à la chaudière	5 kilog.
Nombre de tours par minute	60
Admission normale	1/7

Emploi de l'huile pour calmer l'agitation de la mer. — Le numéro d'avril 1883 de la revue anglaise *The Nineteenth Century*, contient sous la signature C. F. Gordon Cumming un très curieux article intitulé : *Oiling the Waves, a Safeguard in Tempest*, sur l'effet de l'huile pour calmer l'agitation de la mer.

Tout le monde a plus ou moins entendu parler de cet effet, et la première mention en a probablement été faite par Pline, qui rapporte que l'huile apaise la mer et que les plongeurs ont soin de s'en remplir la bouche avant de descendre sous l'eau, pratique encore employée aujourd'hui par les plongeurs de la Méditerranée.

Les pêcheurs du nord de l'Ecosse reconnaissent l'approche des bancs de poissons huileux à la tranquillité relative de la mer, et on peut citer un grand nombre de cas où des navires ont pu apaiser, au moins momentanément, des vagues furieuses par la projection d'une quantité assez faible d'huile. La note que nous avons sous les yeux en contient une quantité d'exemples. Mais le point intéressant est une expérience qui a été faite récemment à Peterhead, dans le comté d'Aberdeen, au nord de l'Écosse, par M. John Shields, au moyen d'une installation composée d'une pompe foulante pouvant puiser l'huile dans un réservoir de 450 litres de capacité et la refouler par une conduite en fer et plomb, posée au fond de la mer et aboutissant en eau profonde à 60 mètres au delà d'une barre qui ferme l'entrée du port et sur laquelle la mer forme par les gros temps des brisants effrayants.

L'expérience a été faite le 1er mars de cette année, par un temps à souhait. Dès qu'on mit la pompe en jeu, l'huile refoulée montait à la surface de l'eau, formait une couche mince, et immédiatement les crêtes blanches des brisants disparaissaient pour laisser à leur place des vagues tranquilles sur lesquelles une embarcation eut pu s'aventurer sans le moindre danger.

A cause de la force du vent et de la marée, l'huile était entraînée si rapidement à terre qu'il fallait pomper continuellement, mais il n'est resté aucun doute dans l'esprit des spectateurs, quant à la possibilité qu'on avait désormais de rendre l'entrée du port accessible aux navires par n'importe quel temps.

Dès que la nouvelle de cette application eut commencé à se répandre, on reçut de tous côtés des avis d'essais analogues faits dans des conditions

intéressantes. Nous nous bornerons à en citer deux ou trois. Deux Italiens qui ont récemment traversé l'Atlantique, de Buenos-Ayres à la Méditerranée, dans une petite embarcation à voiles appelée *Leone di Caprera*, rapportent qu'ils ont eu à éprouver des mauvais temps et qu'ils auraient infailliblement péri s'ils n'avaient à plusieurs reprises calmé l'agitation de la mer autour d'eux en y versant de l'huile, dont ils avaient heureusement une certaine provision dans un bidon de fer-blanc. Le bidon en question figurait, par parenthèse, à l'exposition de Milan l'année dernière.

Le capitaine d'un steamer écrit qu'obligé d'abandonner, dans la baie de Biscaye, son navire coulant bas d'eau, il n'a dû qu'à l'emploi d'huile de lampe ordinaire, la possibilité de mettre à la mer ses embarcations qui sans cela auraient été brisées contre le navire. Je suis convaincu, dit-il, qu'après la Providence, c'est à l'huile que nous devons la vie, et je suis persuadé qu'il ne se passera pas longtemps avant qu'on reconnaisse son emploi comme un des meilleurs préservatifs de la vie humaine à la mer.

Le navire *Airlie* de Dundee, venant de Calcutta avec un chargement de jute, a eu à subir, le 28 février dernier, un ouragan terrible; le navire était engagé, et pour se tirer d'affaire, le capitaine résolut d'essayer l'effet de l'huile; on remplit d'huile un certain nombre de sacs qu'on jeta à la mer après les avoir percés de petits trous pour que l'écoulement fut lent, et les avoir attachés au navire. L'eau se calma de suite autour du navire, les vagues arrivaient memaçantes et se fondaient littéralement en arrivant dans la région couverte d'huile.

Il nous a paru utile d'indiquer ces faits qui sont curieux par eux-mêmes et qui peuvent avoir quelque intérêt pour ceux de nos collègues qui se trouveraient engagés dans des travaux à la mer ou autres.

Production houillère de la Grande-Bretagne. — Depuis 1859, la quantité de charbon extrait dans le Royaume-Uni, a plus que doublé; voici quelques chiffres relatifs au développement considérable de cette branche de l'industrie minérale, tirés du journal *The Economist*. On a extrait, en 1881, 154,184,000 tonnes, soit 7,216,000 de plus qu'en 1880, 20,176,000 de plus qu'en 1879 et 82,204,000 de plus qu'en 1859. Pendant les trois ou quatre années qui ont suivi 1875, il n'y avait pas eu d'augmentation sensible, mais depuis, comme en 1871-72 et en 1864-65, il y a eu un développement brusque qui remet en question nos ressources en houille pour l'avenir.

Bien que la population de la Grande-Bretagne augmente d'une manière rapide, la production du charbon ramenée à l'unité d'habitants croît encore plus vite. Il suffit pour en juger de jeter les yeux sur le petit tableau qui suit :

ANNÉES.	POPULATION.	PRODUCTION DE HOUILLE.	PRODUCTION PAR HABITANT.
1800	16.000.000	10.100.000	0.63
1845	27.300.000	35.000.000	1.28
1855	28.000.000	64.453.000	2.30
1860	29.000.000	80.042.000	2.76
1865	30.000.000	98.150.000	3.27
1870	31.500.000	110.431.000	3.50
1875	33.000.000	131.867.000	4.00
1880	35.000.000	146.969.000	4.20
1881	35.246.562	154.184.000	4.37

Ces chiffres sont depuis 1855 extraits des rapports officiels, ceux de 1845 sont empruntés à M. Meculloch, et ceux de 1800 sont pris dans une estimation contenue dans le rapport de la Commission du charbon. Le grand développement dans l'extraction s'est produit depuis l'introduction des moteurs à vapeur. Avant 1845, il y avait très peu de chemins de fer dans la Grande-Bretagne, les lignes de navigation étaient très peu développées, et les moteurs mécaniques étaient encore peu en usage dans l'industrie manufacturière. Entre 1845 et 1855 les chemins de fer se sont développés et sont arrivés à représenter 12 à 13 mille kilomètres, aussi la production de charbon par tête d'habitant est-elle montée à près de 2 tonnes en moyenne. Entre 1855 et 1865, il y a eu un nouveau développement et l'augmentation a été encore d'une tonne; elle n'a cessé dès lors d'augmenter pour arriver au chiffre de 4.37 tonnes que nous trouvons aujourd'hui.

On doit attribuer une partie de ce développement à l'augmentation de la consommation du gaz. Il est difficile de donner des chiffres rigoureux; on peut dire toutefois que, si on compte le total de la fabrication du gaz à 80 mille millions de pieds cubes, si une tonne donne par la distillation 10,000 pieds cubes, l'industrie du gaz emploie à elle seule 8,000,000 de tonnes de charbon par an.

Dans la première partie du siècle, il y avait des droits à l'exportation qui gênaient le commerce du charbon ; en 1837 on n'embarquait pas plus d'un million de tonnes de houille et de coke. Mais en 1845 le total de l'exportation monta à 2,531,000 tonnes; en 1850 après suppression complète des droits 3,351,000; en 1860, 7,412,000; en 1865, 9,283,000; en 1870, 11,702,000; en 1875, 14,545,000; en 1880, 18,700,000, et en 1881, 19,592,000; l'exportation a donc sextuplé depuis 1850. Et encore ce chiffre ne représente-t-il pas tout le charbon anglais brûlé hors du pays, car en 1881, 5,227,588 tonnes ont été embarquées directement sur des navires

engagés dans le commerce étranger, et ce débouché n'existait pas antérieurement à 1845.

Une très grosse consommation est due à l'industrie du fer. La fabrication de la fonte brute et la transformation de celle-ci en fer, fonte de moulage, barres, tôles, machines, etc., n'absorbe pas moins d'un sixième de la production totale.

M. R. Meade estime comme suit l'importance des gisements houillers du Royaume-Uni, tant exploités que non encore exploités, en déduisant un quantum de 40 pour 100 pour les pertes.

	Tonnes à extraire.
Gisements exploités.	89,015,613,000
Gisements non encore exploités.	56,273,000,000
Total.	145,288,613,000

La totalité de ce volume de houille est à moins de 4,000 pieds (1,200 mètres) de profondeur. A raison d'une consommation annuelle de 154 millions de tonnes, il y en aurait donc encore pour 943 ans. Mais si on prend la progression constatée dans l'augmentation de la dépense depuis 21 ans, on trouverait que la durée de cet approvisionnement ne serait que de 250 ans. Mais si la consommation augmente, les estimations des revenus augmentent encore plus, car on peut se rappeler qu'en 1829, époque où on se préoccupait déjà de l'épuisement futur des houillères, un rapport au comité de la Chambre des Lords, fixait à 6 mille millions de tonnes la quantité à extraire dans le Nord de l'Angleterre et à 18 mille millions la quantité totale dans la Grande-Bretagne en comptant le Midland et le sud du pays de Galles.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE.

MARS 1882.

Rapport de M. BAUDE, sur le **Système de suspension intérieure des wagons**, de M. Ed. DELESSERT.

Ce système a été complètement décrit par M. Jules Morandiere, dans le Bulletin de novembre 1880, page 467, de la Société des Ingénieurs civils.

Rapport de M. le colonel Goulier, sur la **Mesure de précision**, de de M. Cuvillier.

Cet instrument, destiné aux ateliers de précision, a pour objet de mesurer, avec l'exactitude du centième de millimètre, non seulement de petites épaisseurs, comme on le fait avec les calibres à vis, dits *palmers*, surtout avec ceux qui sont munis d'un bouton de sûreté; mais encore de grandes épaisseurs comme on les obtient avec les *mesures* dites *à becs*.

L'instrument se compose d'une règle divisée en millimètres, et le long de laquelle se meut une boîte portant un bec mobile, mais on a tracé sur la boîte, au lieu d'un vernier, un simple trait de repère destiné à être amené en regard d'un trait quelconque de la division de la règle. Une vis de pression permet, d'ailleurs, de fixer alors la boîte sur la règle.

A gauche de la règle est un cylindre qui sert de bec fixe; il comprend un axe fixé à la règle et un manchon tournant sur cet axe, mais excentré d'un demi-millimètre par rapport à cet axe, de sorte qu'aux deux extrémités du même diamètre, il y a un millimètre de différence, le manchon porte à sa base un tambour divisé, dont chaque partie représente un déplacement correspondant à un centième de millimètre d'épaisseur.

Voici comment on effectue une mesure. On met le trait 100 du tambour en regard de l'index fixe; puis on fixe la boîte du bec mobile, de telle sorte que son index soit en regard d'un trait de l'échelle, et que la distance des becs excède, de moins de 1 millimètre, la grandeur de la pièce à mesurer. On fait ensuite tourner le manchon, avec le tambour, jusqu'à ce que la pièce soit pincée légèrement entre les deux becs. Alors, en regard du repère du tambour, on lit, sur la division de celui-ci, le nombre de centièmes de millimètre qu'on doit ajouter au nombre entier de millimètres indiqué sur l'échelle par l'index du bec mobile. La lecture des centièmes se fait, d'ailleurs, sans hésitation et sans fatigue, car chacun d'eux correspond, sur le tambour, à un intervalle dont le minimum est un demi-millimètre.

Voici comment se fait la graduation : soient e l'excentricité, n le nombre de centièmes correspondant à un trait, et a l'arc correspondant compris entre ce trait et le trait 100; on a :

$$\frac{n}{100\ e} = 1 - \cos a,$$

ce qui pour $e = 0^{m}/^{m},5$

donne :

$$\frac{n}{50} = 1 - \cos a.$$

On voit par cette expression que la division correspondante à une demi-circonférence, comprise entre les traits chiffrés 0 et 100, est symétrique par rapport au trait 50.

En résumé, il y a, dans cet instrument, une application originale du

principe des excentriques, application rendue pratique par des procédés de construction suffisamment simples et sûrs.

Rapport de M. Simon, sur le procédé de **Décortication des orties textiles,** présenté par M. Favier.

Le plus grand obstacle à l'emploi de l'ortie de la Chine, très répandue ou facilement acclimatée, dans la majeure partie des contrées méridionales, tient à la faible proportion des filaments eu égard au volume de la plante, aux conditions particulières de la récolte, au prix de revient relativement élevé de la filasse.

Voici comment procède M. Favier. Les tiges d'ortie récemment coupées et mesurant de 1m,50 à 3 mètres, sont placées dans une caisse en bois qui, une fois fermée, est mise en communication soit avec un générateur de vapeur, soit avec un appareil à gaz ou à air chaud. La vapeur paraît préférable. Dès que la buée se dégage par les joints de la caisse, l'opération est terminée, si la récolte est récente; dans le cas contraire, il convient de prolonger l'action de la vapeur proportionnellement au temps écoulé depuis la coupe. Les tiges sont ensuite remises à des enfants qui séparent avec facilité la partie corticale contenant les fibres du bois ou chènevotte.

M. Favier ne se borne pas à cette opération préliminaire. Ayant reconnu qu'en allant du centre à la circonférence, on trouve successivement, autour du canal formé par la chènevotte, une première couche de gomme, puis les fibres textiles, une deuxième couche gommo-résineuse et enfin l'écorce brune extérieure, il propose deux méthodes pour arriver à la séparation de ces différentes couches.

Le premier moyen se borne à prolonger la durée du séjour des tiges dans un milieu dont la température est peu supérieure à 100 degrés centigrades; le second, plus rapide et plus efficace, consiste à surélever la température à 150 degrés et toujours proportionnellement au temps écoulé depuis la coupe des orties; la vapeur surchauffée convient bien à cet effet.

Il devient ensuite facile d'extraire les filaments, soit à la main, soit mécaniquement à l'aide d'une brosse.

Impression photographique à l'encre grasse.

M. Davanne présente, au nom de M. Chardon, des épreuves à l'encre grasse, d'une grande perfection, obtenues par la gélatine bichromatée.

On sait que la gélatine bichromatée impressionnée différemment par la lumière, selon les transparences plus ou moins grandes d'un cliché, devient plus ou moins imperméable à l'eau; un rouleau chargé d'encre grasse, passé sur sa surface, y dépose l'encre dans une proportion inverse de la perméabilité et permet d'obtenir des épreuves solides et durables, par des moyens semblables à ceux qu'emploie la lithographie. C'est le procédé qu'emploie M. Chardon, mais avec des soins et certaines modifications dans

la série successive des opérations qui lui ont permis d'obtenir des résultats d'une remarquable perfection.

Sur le transport électrique de l'énergie, par M. MAURICE LÉVY.

Matières colorantes et couleurs, à l'Exposition universelle de 1878, par M. LAUTH.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

FÉVRIER 1882.

Notice nécrologique sur **M. Le Blanc**, inspecteur général des ponts et chaussées, par M. BRICKA, ingénieur des ponts et chaussées.

Note sur les **Digues de l'île de Ré**, par M. DE BEAUCÉ, ingénieur en chef des ponts et chaussées.

Une partie de l'île de Ré est en contre-bas des hautes mers de vive eau, et n'est protégée que par des digues, dont le développement est de près de 9 kilomètres.

Depuis 1846, ces digues ont été faites avec perrés extérieurs maçonnés en mortier de chaux hydraulique, ces perrés ayant $0^m,60$ d'épaisseur et étant composés de deux couches égales, l'une en moellons bruts, l'autre en moellons smillés. Le parement du large a 2 mètres de base pour 1 mètre de hauteur, et le talus intérieur qui est recouvert d'argile et planté de tamaris à 1 1/2 de base pour 1 de hauteur.

La plate-forme supérieur a 2 mètres de largeur et est à 3 mètres en contre-haut des plus hautes mers ; il y a de plus un parapet de $0^m,60$ de hauteur raccordé avec le talus par une parabole à axe horizontal, qui qui rejette la lame du côté du large et permet de réduire la hauteur de la digue. On peut admettre en moyenne une dépense de 100 à 150 francs par mètre courant de digue sans compter la valeur du sol, qui généralement appartient à l'État ou est fourni gratuitement par les communes.

L'entretien des digues de l'île de Ré est fait avec le plus grand soin et une rigoureuse surveillance est exercée. Cet entretien coûte annuellement environ 25,000 francs ; ce chiffre serait suffisant si toutes les digues étaient de construction moderne, mais il faut avoir recours à des crédits spéciaux toutes les fois qu'il est nécessaire de refaire à neuf les anciens parements.

Calcul de **Résistance des poutres droites à plusieurs travées**, par M. Maurice Hulewicz, ingénieur, ancien élève de l'École des ponts et chaussées.

Ce numéro ne contient que les deux premières parties de ce travail considérable; nous attendons la publication de la troisième partie, pour donner un résumé de l'ensemble.

COMPTES RENDUS MENSUELS DES RÉUNIONS DE LA SOCIETÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

DISTRICT DU NORD.

Séance du 6 novembre 1881.

Tunnel sous la Manche. Il est décidé, sur la proposition du Président, M. Vuillemin, que la prochaine réunion du district se tiendra à Boulogne, en juin 1882, et que son objet principal sera la visite des travaux et installations de Sangatte.

Dépôts de dynamite. Cette question est examinée et il semble résulter de la discussion, qu'aucune compagnie n'a fait d'installations spéciales pour ces dépôts; on utilise les anciens locaux à poudre ordinaire.

Rivage des mines de Béthune. Communication de M. Dumont.

La compagnie de Béthune installe, à Violaines, une gare d'eau de 320 mètres de longueur et 22m,50 de largeur, qui permettra d'embarquer facilement 3,000 et au besoin 4,000 tonnes par jour.

L'une des rives relevée à 8 mètres au-dessus de l'eau, servira à l'embarquement des charbons tout-venants et des fines au moyen de deux basculeurs de 10 tonnes, du système d'Anzin.

L'autre rive, presque au niveau de l'eau, servira pour l'embarquement des gailleteries et des briquettes et au déchargement des perches, étançons, etc. La manœuvre des bateaux s'effectuera à l'aide d'une chaîne sans fin placée le long du mur du quai et animée d'une vitesse de 0m,35 à 0m,40 par seconde, recevant son mouvement d'une locomobile; les bateliers y attachent les bateaux à l'aide d'une corde et d'un crochet spécial.

Les wagons destinés au chargement des bateaux sont classés sur des voies de triage par la gravité et amenés sur les voies conduisant aux culbuteurs; ils sont pesés avant d'être basculés; les wagons vides descendent et se réunissent sur une même voie.

Le culbuteur employé, dû à M. Deprez, est décrit par M. Malissard.

Communication de M. Cosset-Dubrulle, sur un **Indicateur de grisou**.

Cet appareil se compose d'un écran ou petite chambre noire métallique, qui se pose sur n'importe quelle lampe de mineur, de telle sorte que la flamme se trouve au centre de cet écran et soit serrée entre deux appendices, dont l'écartement et la hauteur sont proportionnés au genre et à la grosseur des mèches employées.

Si quelque trace de grisou se produit, sa présence est immédiatement décélée par la lampe ; la flamme devient bleuâtre, puis grandit, change de teinte et finit par être rougeâtre. On peut apprécier ainsi 2 à 3 pour 100 de grisou.

DISTRICT DU SUD-EST.

Séance du 8 *Janvier* 1882.

Congrès d'Alais. — Organisation du congrès et communications annoncées.

Entrepôts de dynamite. — A la suite d'une discussion sur la question au point de vue des règlements administratifs; la réunion émet le vœu que des dépôts de dynamite puissent être installés dans les mines, dans des compartiments spéciaux et dans des conditions à étudier, et délègue une commission pour l'étude de la question.

RÉUNION DE SAINT-ÉTIENNE, 4 mars 1882.

Communication de M. Chansselle, sur la **Fabrication de l'acier Bessemer**. — Il s'agit de l'emploi d'un agitateur pour brasser le métal dans la poche; cette communication n'est que la reproduction textuelle de la note que nous avons donnée dans la Chronique de décembre 1881, page 648.

Communication de M. Baretta, sur le **Tunnel de l'Arlberg**. — Nous avons de même le regret de constater que cette soi-disant communication n'est autre chose que la reproduction littérale, *avec changement de nom d'auteur*, de la partie, où est traité ce sujet, du procès-verbal de la séance du 3 février 1882 de la Société des Ingénieurs civils (voir page 171 du *Bulletin* de février).

Fours à coke de Campagnac. — Réponse de M. Seibel, à la communication faite précédemment par M. Gibaud.

INSTITUTION OF CIVIL ENGINEERS

Séance du 4 avril 1882.

Théorie des moteurs à gaz, par M. Dugald Clerk. — Le problème de la conversion de la chaleur en travail mécanique a été résolu pratiquement, mais seulement en partie par la machine à vapeur, le rendement est si faible qu'on ne saurait considérer la solution comme définitive. On a autrefois cru trouver mieux dans les machines à air chaud, mais les résultats médiocres obtenus jusqu'ici semblaient indiquer que cette voie présentait peu de chances de succès. Les grands progrès faits récemment dans les moteurs à gaz, qui, à l'origine, jouets intéressants, mais difficiles à conduire, se posent aujourd'hui en rivaux des machines à vapeur, font voir que l'air échauffé pourrait bien être le moteur de l'avenir.

Trois types distincts de moteurs à gaz ont été proposés :

1° Une machine aspirant dans un cylindre du gaz et de l'air à la pression atmosphérique pendant une partie de la course, puis la communication étant fermée avec le dehors et l'explosion du mélange se produisant en chassant le piston par la pression du gaz pendant le reste de la course. Au retour du piston, les produits de la combustion sont chassés à l'extérieur.

2° Une machine dans laquelle un mélange de gaz et d'air est aspiré dans le cylindre d'une pompe, puis, à la course suivante, refoulé dans un réservoir sous une certaine pression. Du réservoir, le mélange passe au cylindre, y est enflammé à l'entrée et par sa dilatation sans changement de pression pousse le piston moteur en avant, le retour du piston chassant au dehors les produits de la combustion.

3° Une machine dans laquelle un mélange d'air et de gaz est comprimé ou introduit sous pression dans un cylindre ou dans l'extrémité d'un cylindre et enflammé, le volume restant constant et la pression s'élevant. Sous l'effet de cette pression, le piston est chassé en avant et sa course de retour chasse au dehors les produits de la combustion.

Les types 1 et 3, sont des machines à explosion, le volume du mélange gazeux restant constant pendant que la pression augmente.

Le type 2 est une machine à combustion graduée dans laquelle la pression est constante, mais où le volume va en croissant.

Si on calcule le travail fourni par chacune de ces méthodes, en supposant qu'il n'y ait pas de perte de chaleur dans le cylindre, on trouve qu'une machine du type 1, employant 100 unités thermiques, convertirait 21 unités en travail mécanique; une machine du type 2 36, et du type 3 45.

Le grand avantage de la compression est mis en évidence par la simple opération de la compression avant l'échauffement, la dernière machine donnant pour la même dépense de calorique 2, 1 de travail, alors que la première machine ne donne que 1.

Dans toute machine à compression avant l'inflammation, celle-ci ayant lieu à volume constant et l'expansion ayant lieu jusqu'au même volume qu'avant l'inflammation, l'effet utile possible D est déterminé par la température absolue de l'atmosphère T' et la température absolue après la compression T et on a $D = \frac{T - T'}{T}$ — quelle que soit la température maxima après l'inflammation. Si on accroît la température de la combustion, on augmente la puissance de la machine, mais on n'accroît pas la proportion de chaleur transformée en travail. Ainsi, l'effet utile à retirer de la machine est déterminé uniquement par le degré de compression avant l'inflammation. La compression permet d'obtenir de l'air échauffé un travail considérable pour un petit déplacement du piston, et par conséquent avec des appareils peu volumineux. Si on compare les chiffres obtenus avec les types 1 et 3, par une simple différence dans le cycle des opérations, alors qu'il n'y a pas de perte de chaleur par les parois du cylindre, on peut se demander, si on refroidit le cylindre avec de l'eau, quelle est la machine qui se rapprochera le plus de la théorie? Dans laquelle se produira la plus faible perte de chaleur? Si on compare les deux machines avec des déplacements égaux du piston, on trouve que la machine à compression présente l'avantage d'une plus basse température moyenne et d'une plus grande somme de travail; il y a moins de surface exposée à la flamme et moins de perte de chaleur par conséquent. Si on prend ces points en considération, on sera conduit à admettre qu'en pratique, pour une même dépense de chaleur, la machine à compression donnera trois fois le travail de la machine sans compression.

Il est intéressant de calculer les dépenses de gaz dans les trois types. En prenant la quantité de chaleur développée par un mètre cube de gaz, comme équivalente à 2,440,000 kilogrammètres, et en supposant que toute la chaleur est utilisée en travail, la dépense théorique de gaz serait de 110 litres par cheval et par heure.

Les consommations des trois types seraient donc :

$$\text{Types } 1. \ \frac{110}{0{,}21} = 524 \text{ litres.}$$

$$\text{— } 2. \ \frac{110}{0{,}36} = 306 \text{ —}$$

$$\text{— } 3. \ \frac{110}{0{,}45} = 244 \text{ —}$$

Si on compare ces chiffres avec les résultats obtenus en pratique de

ces trois types d'appareils, avec perte de chaleur par les parois du cylindre, on trouve les chiffres suivants :

Type 1.	Lenoir,	2,650 litres par cheval et par heure.	
—	Hugon,	2,380	— —
— 2.	Brayton,	1,400	— —
— 3.	Otto,	560	— —

On voit que l'ordre des consommations est bien celui qui est indiqué par la théorie. La machine Otto convertit en travail environ 18 pour 100 du calorique, alors que la machine Hugon n'en transforme que 3.9. Si on prend la perte de chaleur dans le cylindre, comme donnée par la comparaison de la ligne adiabatique de la chute de température, avec la ligne actuelle de chute, telle qu'elle est fournie par le diagramme, elle apparaît bien moindre qu'elle n'est en réalité accusée par la consommation de gaz de la machine.

La pression maxima est également inférieure à ce qu'elle devrait être d'après le volume de gaz introduit, cela tient à la limitation de la dissociation chimique. Le moteur à gaz présente un problème bien plus compliqué que celui d'un moteur à air chaud, employant de l'air échauffé à la même température.

Si on recherche ce que deviennent 100 calories introduites dans une machine à gaz de Clerk, on trouve que 17.8 sont converties en travail, 29.3 évacuées avec les produits de la combustion et 52.9 perdues par les parois du cylindre et du piston.

La moitié de la chaleur passe dans le cylindre et dans l'eau de circulation.

Sainte-Claire Deville a fait voir que l'eau se décompose en ses éléments à une température relativement basse, la décomposition ayant déjà lieu dans une proportion considérable à 1,200 degrés centigrades. Ce qui fait qu'on se rapproche de la ligne de chute théorique, comme on peut le voir sur les diagrammes d'indicateur présentés, c'est que les éléments dissociés se recombinent d'une manière continue. A une température maxima de 1,600 degrés centigrades, la combinaison des gaz avec l'oxygène est impossible et elle ne peut avoir lieu qu'après un abaissement de température suffisant.

On s'est jusqu'ici trompé dans le calcul du rendement des machines à gaz d'après les diagrammes, par ce qu'on a toujours négligé les effets de la dissociation et on a, par conséquent, trouvé des chiffres trop élevés. M. Otto a avancé une théorie d'après laquelle l'inflammation n'était pas complète lorsque la pression maximum était atteinte au commencement de la course et grâce à une disposition particulière des couches gazeuses, il rendait la combustion graduée et se prolongeant pendant le mouvement du piston; il désignait cet effet par le nom de combustion lente. Cette désignation paraît inexacte à l'auteur, c'est plutôt une inflammation lente; elle a lieu en effet, dans la machine Otto, mais seulement lorsque l'appareil fonctionne mal et elle entraîne une grande perte de calorique et de

travail. On peut s'en rendre compte par un diagramme et par des considérations déduites des expériences de Bunsen et de Mallard, sur la vitesse de propagation de l'inflammation dans des mélanges gazeux.

On doit en conclure qu'il faut éviter l'inflammation lente dans les machines à gaz et faire en sorte que l'inflammation se produise complètement dès le commencemet de la course. L'auteur a constaté qu'on peut enflammer une masse gazeuse tout entière, dans un temps qui varie entre un dixième et un centième de seconde, au moyen de dispositions convenables pour la pénétration de la flamme. Un diagramme relevé sur une machine à piston libre de Otto et Langen, et reproduit dans un mémoire de M. Crosley, ainsi qu'une discussion de son raisonnement, font voir que les résultats ont été mal interprétés et qu'on en a déduit des conclusions erronées sur la nature de l'explosion. M. Crosley considère qu'une explosion de gaz et d'air doit être accompagnée d'une élévation rapide et d'une chute de pression presque instantanée. C'est ce que montre le diagramme, mais l'auteur n'admet pas les conclusions qu'on en tire.

En résumé, la supériorité des machines à gaz récentes sur les types primitifs de Lenoir et d'Hugon est due à la compression. Sans compression on ne peut faire de machines économiques et de volume modéré. On peut varier les proportions du mélange, introduire de l'air pur avant le mélange, faire des stratifications savantes et compliquées, mais le point capital est l'emploi de la compression.

La machine à gaz est encore dans l'enfance et il faudra encore des années avant qu'elle puisse rivaliser avec la machine à vapeur pour les emplois généraux, mais le temps viendra ou les usines, les locomotives, les bateaux seront mus par des machines à gaz, aussi efficaces, plus économiques et plus sûres que les machines à vapeur.

Celles-ci convertissent si peu de charbon en travail, que, bien qu'elles aient fait la gloire et l'honneur de la première moitié du siècle, elles sont un reproche de tous les instants pour les savants et les ingénieurs de nos jours, qui ont pourtant sous les yeux les recherches de Mayer et de Joule.

Le Secrétaire-Rédacteur,

A. MALLET.

PARIS. — IMPRIMERIE E. CAPIOMONT ET V. RENAULT, RUE DES POITEVINS, 6.
Imprimeurs de la Société des Ingenieurs civils.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

MAI 1882

N° 5

Pendant le mois de mai les questions suivantes ont été traitées :

1° *La Seine fluviale et maritime*, par M. de Coene. (Séance du 5 mai, page 555.)

2° *Chemin de fer Métropolitain.* (Séance du 5 mai, page 568.)

3° *Thermodynamique* (Considérations expérimentales sur la), par M. Brüll. (Séance du 19 mai, page 586.)

4° *Epuration de l'eau d'alimentation des chaudières*, par M. le baron de Derschau. (Séance du 19 mai, page 593.)

5° *Paris port de mer*, discussion sur le projet de M. Bouquet de la Grye. (Séance du 19 mai, pages 507 et 594.)

Pendant le mois de mai la Société a reçu :

De M. Charles Herscher, membre de la Société, de la part de MM. Henrivaux, Girard et Pabst, un exemplaire de leur ouvrage, sur les *Laboratoires de chimie.*

Extrait du *Rapport de la commission d'enquête parlementaire sur l'exploitation des chemins de fer Italiens*, rapporteurs de la commission MM. Brioschi, sénateur, président, Gensla, député, secrétaire.

De M. Picon, ingénieur, un exemplaire de son *Manuel d'Électrométrie industrielle.*

De M. le baron de Derschau, un exemplaire d'une *Étude sur les moyens de prévenir les inscrustations dans les chaudières à vapeur*, et un exemplaire du *Rapport sur les résultats obtenus par le système Béranger et Stingl, pour l'épuration des eaux, au chemin de fer du Caucase.* (Ouvrages en russe.)

De M. le vicomte E.-H. de Beaumont, des exemplaires de sa brochure sur les *Éléments nouveaux d'architecture.*

De M. Chansselle, membre de la Société, un exemplaire d'une notice sur le *Dynamomètre à levier ou balance dynamométrique*, de M. Chevefy.

De M. Baum (Ch.), ingénieur des ponts et chaussées, un exemplaire de sa brochure sur les *Tarifs de petite vitesse des chemins de fer de l'Etat belge.*

De M. Goupillon, membre de la Société, un exemplaire de son *Album pour le contrôle et l'entretien du matériel de chemins de fer.*

De M. Yvon Villarceau, membre de la Société, un exemplaire de sa note intitulée : *Essai philosophique sur la science de l'ordre* (Mécanique céleste).

De M. le Ministre des Travaux publics, un exemplaire des *Observations sur les cours d'eau et la pluie centralisées pendant l'année* 1880, par M. Lalanne, directeur de l'École des ponts et chaussées, et M. G. Lemoine, ingénieur en chef des ponts et chaussées.

De M. Léon Malo, membre de la Société, un exemplaire d'un ouvrage sur la *Sécurité dans les chemins de fer.*

Les Membres nouvellement admis sont :

MM.	Brousse,	présenté par	MM. André, Decomberousse et Ch. Herscher,
	D'Espine,	—	Colladon, Mallet et Émile Trélat.
	Du Pan,	—	Courras, Hauet et A. Moreau.
	Gallut,	—	Douau, Desgrange et Carimantrand.
	Georgi,	—	Courras, Hauet et A. Moreau.
	Jullien,	—	Carimantrand, Marché et Orsatti.
	Noel,	—	Forquenot, V. Forquenot, A. et Doumerc.
	Rigaud,	—	Courras, Hauet et A. Moreau.
	Suss,	—	Douau, Hovine et Mallet.

PARIS PORT DE MER

PAR M. **BOUQUET DE LA GRYE**

INGÉNIEUR HYDROGRAPHE DE LA MARINE

Avant de vous entretenir de la partie technique du nouveau projet de Paris port de mer, il me semble utile de vous indiquer comment cette question, si débattue et à tant de reprises différentes, me semble s'imposer non seulement à la Ville de Paris, dont elle augmentera rapidement l'importance et la richesse, mais aussi à la France presque entière, car il s'agit de rétablir un courant commercial que nous possédions autrefois et qui se trouve aujourd'hui détourné par nos voisins et à leur profit.

Il y a, au centre de l'Allemagne, une population de plus de vingt millions d'habitants, dont le commerce avec l'Ouest se faisait en partie par la vallée de la Seine. Les rouliers de l'Alsace, puis les bateaux du canal de la Marne au Rhin et enfin les wagons du chemin de fer de l'Est ont servi longtemps à alimenter les fabriques de la Bavière, du Grand-Duché de Bade, etc., et à rapporter leurs produits manufacturés.

Le port du Havre a dû une partie de sa prospérité à ce commerce de transit, qui était sur tout le parcours la cause d'une source de bénéfices.

Aujourd'hui, cette branche du revenu national a complètement disparu; les cotons américains passent par Anvers avant d'être décerclés à Mulhouse, et comme tout accroissement de tonnage sollicite un appel nouveau de marchandises, nous voyons cette concurrence, d'abord inoffensive pour ce qui nous reste de province du Nord-Est, appeler actuellement à elle les produits des Ardennes et de la Lorraine, et leur envoyer des laines et des cotons.

Pour étudier la cause de cette déchéance relative, j'ai eu, il y a quelques années, l'idée de faire une carte des possibilités théoriques de nos principaux ports, et de noter ceux pouvant lutter contre des concurrents qui, en quelques années, élevaient leur commerce au niveau

de celui de Marseille. Ils avaient, en effet, réalisé du premier coup un port colossal muni des moyens les plus rapides pour le transbordement et le déchargement des marchandises.

Les données de ce travail furent demandées à quelques armateurs, et comme il y avait accord entre les prix des frets calculés et ceux consacrés par l'expérience, je pensai que les résultats qu'il ne s'agissait que d'étudier au point de vue comparatif, pouvaient donner des indications suffisamment exactes.

D'après ce qui nous a été affirmé, le prix du transport par mer, effectué par des navires de 1,500 à 2,500 tonneaux, vaut environ 1 centime par tonne de marchandise et par mille parcouru. Ce prix doit être entendu, toutefois, comme représentant un plein chargement à chaque voyage, si bien que le retour du navire se faisant sur lest, le prix doit être doublé. Il subit une augmentation relative si le retour se fait avec mi-chargement. Le prix par tonne doit être majoré en plus d'une somme fixe variable, suivant le port, les difficultés de la mer où il se trouve, le prix des assurances, du pilotage, des droits de quai, etc., somme dont le minimum doit être fixé à 2 francs, et qui s'élève à 5 francs pour les navires entrant en Manche.

D'un autre côté, si l'on admet, ce qui est bien près de la vérité, que le prix moyen du transport par canal est de 1 centime 5, par tonne et par kilomètre, et que celui par voie ferrée peut descendre à 3 centimes pour le même poids et pour la même distance, on voit de suite qu'il est facile de faire des cartes où les voies d'eau et les chemins de fer partant de chaque port, servent à déterminer point par point des lignes de séparation caractérisées par ce fait, qu'il y a égalité de dépense, pour arriver à un port transatlantique commun.

On a même pour la France deux systèmes de zones, dont l'une se rapporte aux bateaux, qui passent près du cap Finistère (Espagne), et l'autre aux expéditions venant de l'Amérique du Nord.

C'est ainsi qu'en 1877 j'avais été amené à constater que le port de la Rochelle était destiné à un rôle très important, et qu'il acquerrait par la force des choses le marché de l'est de la France, si des facilités maritimes lui étaient accordées. Il devait même disputer à Anvers le marché de Mulhouse et de la Suisse, si l'on se décidait à poursuivre la jonction des canaux de Niort et du Berry.

Quant à la zone voisine de Strasbourg et à celle qui s'étend à l'Est, englobant le Wurtemberg, Bade et la Bavière, il semblait *à priori*

qu'elle fût devenue la propriété incommutable d'Anvers ; car de New-York à Strasbourg on relevait d'après les données précédentes les prix suivants basés sur les distances et sur les retours habituels à mi-chargement ou aux 2/3, selon les localités.

Prix du fret par tonne entre New-York et Strasbourg.

DÉSIGNATION.	Distance en mer en milles.	Prix à 1 centime.	Retour.	Prix majorés en raison du manque de fret de retour.	Supplément local.	Distance à terre par canaux.	Prix du transport par canal.	TOTAUX
		Fr.			Fr.	kil.	Fr.	Fr.
Via Anvers.....	3325	33.25	0.80	37.10	6	580	8.70	51.80
Via Dunkerque..	3227	32.27	0.50	43 »	5	620	9.30	57.30
Via le Havre....	3130	37.30	0.60	39.10	5	827	12.40	56.50
Via Rouen.....	3198	31.98	0.50	42.50	5	700	10.50	58 »
Via la Rochelle..	3118	31.18	0.50	41.50	2	920	13.80	57.30

Ainsi, il y a une économie de 5 francs environ à employer, pour aller à Strasbourg, par voie d'Anvers. Ce dernier port, en raison de l'émigration pour les États-Unis et du commerce de transit envoie des navires avec un chargement presque complet. L'escale du Havre leur donne, d'ailleurs, le moyen de remplir leurs soutes.

Dans de telles conditions, fallait-il renoncer à faire reprendre aux marchandises du bassin du Rhin l'ancienne voie française ; je ne l'ai point cru, après avoir établi le prix de la tonne de marchandises arrivant à Strasbourg, via Paris. Il peut être décomposé ainsi : 33 fr. 30 pour le fret en mer jusqu'à Paris, 8 fr. 50 pour le coût supplémentaire dû à l'atterrissage et aux droits de navigation sur la Seine et 6 fr. 90 pour le transport de Paris à Strasbourg par canaux[1]. Le total 48 fr. 70 est inférieur à celui via Anvers. Il n'est point majoré en raison de la certitude du fret de retour. Par les voies ferrées, en adoptant le tarif de 0 fr. 04 par tonne et par kilomètre, l'avantage reste encore à Paris, mais il n'est que de 0 fr. 70.

1. J'ai supposé, ici comme plus haut, le tracé du canal amélioré ; le prix actuel descend rarement au-dessous de 8 francs, mais le trafic est très réduit. Entre Paris et la Bourgogne, le prix de 0 fr. 015 par tonne et par kilomètre est le tarif normal. Les bateliers ignorent le décompte par distances virtuelles, c'est-à-dire qu'ils n'augmentent pas les prix en raison du nombre des écluses.

Ainsi, la concurrence qui ne pouvait se faire ni par le Havre, ni par Dunkerque, la Rochelle ou Rouen, était possible, si l'on réussissait à faire de Paris un véritable port de mer, et comme une capitale de plus de deux millions d'habitants assure bien plus encore qu'une ville de second ordre un marché pour les objets d'importation, l'issue de la lutte ne pouvait être douteuse. Seulement, il était indispensable que ce nouveau port fût accessible à tous les navires, qu'il n'y ait aucun obstacle, aucun arrêt de navigation en aval de lui et que la sécurité y fût absolue.

Ce sont ces conditions que je me suis imposées et l'examen des propriétés de l'estuaire de la Seine montrera comment elles peuvent être réalisées.

II

Vous savez tous, Messieurs, quels sont les progrès qui ont été obtenus par nos ingénieurs dans la partie inférieure du cours de cette rivière, les navires de 6 mètres de tirant d'eau peuvent aujourd'hui remonter à Rouen à presque toutes les marées ; en vives eaux ce port a reçu des bâtiments calant près de 7 mètres. Dans cette section, il reste pourtant à obtenir un certain nombre d'améliorations, mais on est actuellement à l'œuvre, la somme à dépenser est minime, l'État en fait les frais, et comme il ne s'agit que de déraser, au moyen de dragages, des seuils situés tous en amont de Quillebeuf, c'est-à-dire dans une section où ne se produisent point des mouvements de sables de provenance maritime, on peut être certain de la réussite de l'opération.

La Seine, en effet, à l'encontre de ce qui se passe dans la Loire, la Gironde ou le Rhône, n'a point d'apports provenant de l'érosion des bords du fleuve ou des portions élevées de ses affluents ; on a mesuré la quantité des matières sableuses ou terreuses, entraînées annuellement dans les inondations, elle ne s'élève qu'à un chiffre relativement minime : 200,000 mètres cubes au maximum, au lieu des millions de mètres cubes transportés chaque année par les fleuves précités. Cette situation est la caractéristique de notre bassin. Les dragueurs qui extraient le sable de la rivière en tirent à peine assez pour l'entretien de voies et la construction ; d'ailleurs, grâce aux barrages qui suppriment ou diminuent pour le moins notablement aujourd'hui la vitesse des courants en amont, ces apports s'immobilisent dans les biefs

supérieurs avant d'arriver à l'estuaire, si bien que si l'équilibre est quelque peu troublé, il l'est par les dragages au bénéfice de la profondeur.

Aussi l'on ne rencontre point le long du cours de la Seine ces bancs de sable que l'on retrouve en aval de presque toutes les courbes de nos rivières ; dans les crues la vase presque seule est mise en suspension et arrive à l'embouchure.

Là, elle rencontre un régime absolument différent.

Sous l'influence des courants et de la mer, le sable qui existe à profusion dans les fonds du large, ainsi que celui qui provient de la destruction des falaises, marche de l'est à l'ouest avec le flot, revient avec le jusant et s'arrête forcément dans l'entonnoir qui forme l'embouchure de la Seine. Cet arrêt, avant le prolongement des digues n'était pas absolu, car sous l'influence de la marée des masses énormes de matériaux étaient roulées chaque jour dans le chenal, et ce frottement s'exerçant sans discontinuité pendant toute l'année convertissait la partie calcaire des produits en limon, entraîné rapidement ensuite dans les grands fonds, et les nodules siliceux en sable fin.

L'estuaire se comportait ainsi, comme une vaste usine de broyage qui, sous l'impulsion des lames et des courants dépensait journellement des milliers de chevaux-vapeurs à produire une transformation des apports et à les faire disparaître.

Cet équilibre a été détruit, lorsque l'on a prolongé les digues en aval des deux côtés du chenal. Le dépôt de cinquante millions de mètres cubes de matériaux qui a produit en quelques années une véritable plaine déjà couverte d'herbes, montre combien l'équilibre antérieur reposait sur une base instable et aussi quelles doivent être les précautions à prendre lorsque la main de l'homme intervient au milieu de phénomènes si puissants.

Quoi qu'il en soit, si en amont des digues il y a eu une amélioration incontestable des profondeurs, si des navires de $6^{m},70$ ont pu cette année même remonter à Rouen, ce qui est un véritable succès ; en ce qui concerne l'entrée même de la Seine, la hauteur des seuils extérieurs n'a point été sensiblement abaissée depuis 1834, mais le chenal est mieux déterminé.

A cette époque, comme aujourd'hui, on avait sur les bancs extérieurs la cote 0, c'est-à-dire que les navires remontant la rivière ne pouvaient disposer que de la hauteur de la marée qui se faisait sentir au Havre.

Ainsi les millions de mètres cubes d'eau qui montent et descendent quatre fois par jour dans l'estuaire ne sont point parvenus à creuser un véritable chenal dans l'entonnoir au moment de la basse mer, et des milliers d'hectares seraient à sec, si le débit des eaux accumulées en amont ne surélevait quelque peu l'étiage.

Cette embouchure livrée à elle-même pourra-t-elle s'améliorer? Cela est bien douteux; il est également douteux qu'elle puisse s'empirer, mais il faut retenir ceci que, dans l'état actuel, ou pour mieux dire, dans l'état tel qu'il résultera des améliorations opérées en amont, les navires de 6 mètres pourront remonter tous les jours à Rouen sans difficulté.

Je serais donc autorisé à passer sous silence ce qui regarde les seuils extérieurs, trouvant que le présent seul justifie la création d'un port Parisien. J'en dirai, toutefois, quelques mots, car le chiffre de 6 mètres de tirant d'eau doit, dans mon esprit, être considéré comme un minimum qui dans dix ans sera regardé comme trop faible, et que si l'on exige à cette date 6m,50, 7 mètres, peut-être davantage, il s'agit de montrer qu'il y aura possibilité d'avoir en aval, les profondeurs obtenues en amont par de simples dragages.

Il est vrai que l'on aurait une solution toute trouvée, en déclarant qu'en tout état de cause il suffirait de faire du canal de Tancarville un émissaire de 8 mètres prenant son entrée directement dans la mer.

Mais cette solution qui, d'ailleurs, constituerait un aveu d'impuissance pour les ingénieurs qui la proposeraient, aurait le double inconvénient d'être très coûteuse, et plus encore de rétablir ce que nous cherchons à tout prix à éviter en amont, c'est-à-dire le sassement dans deux écluses, l'une située à la mer, l'autre à l'entrée de la rivière.

Je pense qu'il en est une autre beaucoup plus simple; et pour le mieux faire comprendre, je vais montrer comment était constitué le chenal de la Seine avant les travaux actuels.

Le thalweg figurait une sinusoïde très régulière: c'est la forme normale des cours d'eau dans des fonds affouillables; la profondeur était faible, il est vrai, mais il y avait à cela une cause, c'est que cette sinusoïde qui ressort des sondages de 1835 variait chaque jour dans son module. La loi qui régit ce phénomène dépend, en effet, de la vitesse des courants, de leur masse et de la grosseur des matériaux qui

garnissent le lit. Or, si ce dernier élément est invariable, il n'en est point de même du cube des eaux qui, lui, est presque entièrement fonction d'éléments astronomiques, le débit propre de la rivière disparaissant en présence du volume du flot. Il en résulte que le tracé qui affecte une figure absolument régulière, lorsque les fonds sont lentement attaquables par des courants permanents, divague autour d'une position moyenne en présence du jeu des marées, qui ne le sauraient approfondir, car toute leur énergie est employée à modifier sa forme par des altérations successives du bord du lit.

L'opération à faire consiste donc, comme l'ont proposé très sagement les ingénieurs, à fixer le chenal, mais il faut en même temps apprécier la grandeur des rayons de courbure qui doivent donner les plus grandes profondeurs, et ces rayons correspondent aux évacuations faites pendant les moyennes vives eaux ; la construction des digues vient ensuite contenir les courants de flot et de jusant dans leur mouvement alternatif.

Ces digues auront, non la prétention de régler la largeur du fleuve, on ne le pourrait sans grands inconvénients ; elles ne devront servir qu'au redressement des filets d'eau, lors des grandes divergences des syzygies et des quadratures, en forçant le courant à épuiser son énergie sur les fonds dans une direction déterminée et non sur les bords.

L'emploi de ce système qui, je dois le dire, est si nouveau qu'on ne saurait pas plus blâmer ceux qui ne l'ont point appliqué, que Watt d'avoir ignoré les effets des machines Compound, ne doit être utilisé, il faut bien le reconnaître d'ailleurs, qu'avec une grande prudence, en opérant progressivement, pas à pas, et en suivant servilement le mouvement que l'on provoque par la construction des ouvrages, car la théorie de ces formes fût-elle plus mathématiquement démontrée qu'elle l'est actuellement, devra toujours être éclairée par la pratique de chaque jour, puisqu'il s'agit ici de matériaux transportés dont la grosseur varie en raison même des résultats que l'on a obtenus. Je mets sous vos yeux un tracé des digues en aval de Quillebeuf qui peut être considéré comme théoriquement vrai.

On voit que l'on a respecté autant qu'il était possible, le mouvement naturel du thalweg, les digues à construire n'embrassent qu'une longueur très faible du chenal, celle qui avoisine les changements de direction du courant, et encore dans ces sections un

seul côté, celui où le courant se porte est maintenu par des ouvrages.

Avec ce système, on n'a aucune préoccupation sur la largeur à laisser entre les digues, le fleuve déblaye la section qui lui convient, il la fait varier proportionnellement au débit des eaux dans les conditions les plus favorables, et les ouvrages n'interviennent que pour ramener, on peut dire doucement, les courants qui tendraient à s'écarter de la sinusoïde moyenne qui est tracée.

Un autre avantage de cette méthode tient à ce que les conditions naturelles sont respectées, l'entonnoir peut être encore parcouru en coup de vent par de grandes lames, bouleversant les fonds, broyant les sables et les rejetant dans le chenal, où les courants les reprennent pour les retourner sur les parties convexes; l'atelier de broyage est respecté si bien que l'équilibre qui s'est établi et qui a duré si longtemps, pourrait être encore maintenu sans produire de grands atterrissements. La masse des eaux du flot est respectée, et les habitants du Havre n'auraient aucune raison de croire à la formation de ces espaces herbés qui leur inspirent tant de craintes pour l'avenir de leur rade.

Maintenant avec de tels ouvrages, quelle pourrait être l'amélioration à espérer sur le profil du fond?

En 1834, lorsque la Seine était livrée à ses divagations, et que, pourtant, elle obéissait, tant bien que mal, au tracé général que nous présentons, les difficultés et les seuils étaient situés en amont de Honfleur, et les pilotes appréhendaient de toucher depuis Berville jusqu'à Rouen.

A cette époque, on avait plus de trois pieds d'eau à basse mer, vis-à-vis de la dernière courbe aval que nous avons tracée.

Il est certain que les conditions restant les mêmes, ces profondeurs se représenteraient au bout d'un certain temps, si les digues actuelles disparaissaient; mais les chenaux ne peuvent que s'améliorer encore avec les nouvelles directions données aux courants.

En somme j'estime que l'on pourrait espérer un approfondissement de $1^{m},50$ à 2 mètres au-dessous de zéro des cartes et comme les plus faibles hautes mers de morte eau atteignent 6 mètres, on voit que la Seine serait ouverte aux navires de commerce de grand tirant d'eau.

Ce projet léserait-il, d'ailleurs, au point de vue nautique, l'intérêt des villes du Havre et de Honfleur, c'est-à-dire en affaiblirait-il leurs propriétés actuelles ; non certainement ; pour le Havre, la question est hors de cause, puisqu'il s'agirait de restituer au courant de Verhaule une portion des eaux qu'il a perdues ; quant à Honfleur, un autre jeu des courants lui laissera toujours son débouché sur la grande mer.

Quel que soit, il est vrai, le tracé suivi par le fleuve, il est impossible de faire passer le thalweg artificiellement devant cette ville ; les Havrais s'y opposeraient énergiquement, non pas que sa prospérité suscite leur jalousie, mais bien parce que le prolongement des digues qui produirait ce résultat ferait de presque tout l'estuaire une vaste prairie, et supprimerait probablement par contre-coup les profondeurs de la petite rade.

Mais Honfleur n'a nullement besoin de ce prolongement des digues, car le chenal qui passe devant le feu de port est un chenal uniquement de flot, et par suite il persistera, tant qu'il sera fait un appel intérieur. Il se produira à l'entrée de l'entonnoir ce que nous voyons à l'embouchure de la Gironde et de la Loire, un mouvement circulaire qui favorisera le dragage du chenal du Nord et de celui du Sud.

En somme la Seine actuelle qui reçoit aujourd'hui, ou qui demain recevra à toutes les marées des navires ayant un tirant d'eau de 6 mètres peut avoir son appareil extérieur tel, qu'il en résulte une amélioration de 1m,50. L'estuaire est donc apte à laisser passer les grands navires de commerce, et comme, à partir de ce point jusqu'à Rouen, les coudes de la rivière ne sont point dangereux, les bancs sont tous attaquables par la drague, il s'ensuit que nous pouvons aborder la question de l'amélioration de la Seine en amont de Rouen.

III

Projet entre Rouen et Andresy [1].

En aval de Rouen, la largeur de la Seine est plus que suffisante pour permettre les mouvements des navires. En amont, devant transformer le fleuve en un canal, et appréciant que les déblais seront considérables, il faut limiter sa largeur dans la mesure exacte nécessitée

1. Voir la planche 40.

par le croisement des navires, car nous prévoyons que le tonnage parisien deviendra assez considérable pour ne pas permettre l'emploi de gares d'évitement. Nous avons adopté pour cela le chiffre de 45 mètres, soit deux fois la largeur du canal de Suez. Une telle dimension donnera passage à deux navires au droit d'un troisième arrêté sur le bord. En outre, en cinq points choisis le long du parcours, il y aura un élargissement pour faciliter l'évitage des navires de toutes longueurs et aussi les opérations commerciales pour les villes baignées en ce point par le fleuve.

On sait que les courbes de la Seine sont nombreuses et que dans plusieurs projets de canaux à écluses, on a franchement coupé les boucles de la rivière, quelle que soit la hauteur des terrains intermédiaires.

Notre projet est moins grandiose, il se borne à faire l'indispensable; il est, d'ailleurs, presque sans intérêt de diminuer la distance comprise entre Paris et Rouen, le chiffre du transport par mer par tonne de marchandise est tellement minime que toute abréviation du parcours ne le diminuerait que dans une proportion infinitésimale. Ce qui est indispensable, c'est d'éviter les courbes dont le rayon est inférieur à 1,500 mètres, parce qu'elles constituent un arrêt, peut-être un danger, mais dans tous les cas une gêne pour la navigation. Or, ce minimum ne se trouve dépassé qu'en un seul point, vis-à-vis d'Elbeuf. En ce point nous n'avons pas hésité à couper la boucle d'Oissel, comme l'avaient déjà proposé les ingénieurs de 1825.

Partout ailleurs, nous avons suivi le cours du fleuve, en nous bornant à présenter des lignes raccordées du plus grand rayon.

En ce qui tient au profil de la nappe d'eau et du plafond, nous avions encore le choix entre plusieurs solutions. Fallait-il s'élever avec le lit du fleuve, en plaçant une écluse en chaque point où la différence de niveau atteindrait 3 ou 5 mètres ? Nous avons pensé qu'il était indispensable de supprimer toute écluse, car l'arrêt du navire peut être d'une heure à chacune d'elles et qu'il en advient un accroissement de prix du fret qui n'est plus indifférent. Mais le motif principal est que chacun de ces organes donne une profondeur définitive, qui ne peut être modifiée que par la réfection systématique de tous les appareils, l'enlèvement de tous les radiers, tandis que nous voulions avoir la possibilité de suivre en amont tous les accroissements de profondeur obtenus en aval.

Enfin, une autre cause milite en faveur de cette création d'une espèce de fjord aboutissant à la banlieue parisienne, c'est la crainte en temps de guerre de voir un accident survenir à l'un des organes, et par suite de supprimer le plus puissant moyen de ravitaillement de la capitale.

Ce canal à niveau est-il pratiquement possible? Doit-il entraîner des déblais gigantesques formant un énorme fossé au fond duquel les navires seraient comme perdus, au moment où ils arriveraient vis-à-vis d'Andresy ou de Poissy?

Ceci est facile à chiffrer.

Nous devons arriver à Rouen à une cote du plafond que nos calculs ont fixée à — $4^m,77$, mais la Seine avec la nouvelle section qui est d'environ 300 mètres carrés, ne laisse pas que de présenter une légère pente entre Poissy et Rouen; cette pente également calculée a été trouvée en moyenne de 23 millimètres par kilomètre, ce qui produit un rehaussement du plafond de $3^m,39$. En définitive, on a au terminus supérieur une profondeur de — $1^m,38$ et un plan d'eau de — $1^m,38 + 6^m,20 = 4^m,82$.

Si nous comparons ce chiffre à celui de l'étiage de la Seine à Poissy, que les ingénieurs indiquaient en 1825 être de $16^m,67$, il y aura donc un abaissement de $11^m,85$. Quant au plafond du canal dont la cote sera de — $1^m,38$, il doit être comparé également au plafond actuel qui est de $15^m,10$, ce qui donne un déblai de $16^m,48$.

Tous ces chiffres ont été obtenus, en partant d'un certain débit minimum de la Seine, que les cubages de M. Cuvinot, ingénieur des ponts et chaussées et sénateur, ont fixé à 150 mètres cubes aux environs de l'étiage.

Ce débit a, je dois le dire, été contesté par quelques ingénieurs qui le trouvent un peu fort, et il est vrai qu'en présence des évaluations faites à plusieurs reprises, il offre une certaine majoration; si je l'ai maintenu, ce n'est point seulement parce que son auteur m'inspire toute confiance, mais aussi parce que ce chiffre fût-il exagéré à l'heure actuelle, se trouvera parfaitement exact, lorsque le nouveau canal aura son plan d'eau abaissé de près 12 mètres.

On sait, en effet, que la craie au milieu de laquelle coule la Seine est très fissurée, il est difficile en plusieurs points d'y faire des asséchements au moyen de batardeaux de peu d'épaisseur. Le débit apparent augmente, d'ailleurs, progressivement d'amont en aval, sans que les

ruisseaux qui s'y déversent apportent un cube suffisant pour motiver cet accroissement. Des sources se font donc jour dans le lit, et elles le feront avec d'autant plus de puissance et d'autant plus en amont que le niveau sera surbaissé. Or, on a le chiffre de débit non contesté de 180 mètres cubes par seconde près du Manoir, si donc on abaisse en amont (comme nous le faisons) le niveau du canal à celui de la Seine dans cette section, il est plus que probable que le régime d'aval remontera en partie en amont.

Une erreur de quelques dizaines de mètres cubes ne produirait, d'ailleurs, qu'un excès de cubage des matériaux relativement peu important.

Ce qui l'est davantage, c'est la nature des terrains, au milieu desquels le travail s'effectuera. On est placé, en effet, entre deux difficultés : si le terrain est meuble, sableux ou argileux, la pente des bords doit être prévue d'au moins 1 de hauteur pour 2 de base, ce qui entraîne un déblai considérable, lorsque l'on s'avance du côté de Mantes et de Poissy ; si on trouve des terrains trop durs, le prix d'extraction peut devenir très élevé, les dragues subissant journellement des réparations par suite de l'usure exagérée des griffes ou des godets.

Or, je crois que ces deux écueils sont évités par la nature même des terrains que l'on traversera. A la partie supérieure, on trouve des sables et des graviers ayant une épaisseur moyenne de 5 mètres, ce qui nécessitera pas l'emploi d'appareils spéciaux, et comme notre nouveau lit n'occupera qu'une minime portion de celui qui est baigné actuellement par les eaux, on aura toute facilité pour faire déposer en banquettes latérales, au moyen de couloirs ou de tubes de refoulement, les matériaux dragués, en évitant tout transbordement et toute circulation sur voie ferrée. En ce qui concerne la craie, l'opération sera plus délicate, mais je crois la solution toute indiquée. La drague est certes le moyen le plus économomique de puiser au fond de l'eau les matériaux réduits à l'état meuble, mais, pour mettre la craie en morceaux du volume des moellons, il importe de joindre à cet appareil un système divisant les couches de calcaire. Des essais devront être certainement faits de plusieurs façons pour produire ce résultat, mais le succès ne me semble pas douteux, puisque, dans des couches bien plus siliceuses encore que celles que nous traverserons, le jeu seul de la drague en a eu raison. Les prix qui ont été portés pour ces espèces de dragages

(à 3 fr. 50) ne paraîtront pas trop faibles à ceux qui ont effectué de pareils travaux.

Le cube total à enlever, qui est celui même de l'entreprise du canal de Suez, 75,000,000 de mètres cubes, nous donne d'ailleurs la certitude qu'on innovera, s'il est besoin, pour arriver à une solution très économique.

Pour épuiser ce qui regarde la section en aval de Poissy, nous devons parler des ouvrages actuellement existants qu'il faudra reprendre et transformer, et des chemins de fer qu'il faudra déplacer.

Il importe, en effet, que la voie soit libre pour les navires, c'est-à-dire que tous les ponts fixes soient ou surélevés ou rendus mobiles.

En ce qui concerne le chemin de fer du Havre, la seconde solution est inacceptable; le trains se succèdent avec une telle continuité que la voie ne saurait être fermée, même temporairement. Le système qui a été étudié fait déplacer le pont en amont de Rouen, et un détournement de la voie permet de l'élever, au besoin, à une hauteur de 40 mètres au-dessus du niveau des hautes mers, ce qui est plus que suffisant pour les grands navires. Un autre détournement est projeté vers Pont-de-l'Arche; là, le chemin de fer est rejeté de la rive droite sur la rive gauche, et la compagnie n'a, en réalité, qu'à gagner à cette modification qui diminue la longueur de la voie et lui fait desservir une localité importante.

En amont, on peut également surélever un pont de chemin de fer local, mais il n'y a pas grande nécessité de faire cette dépense, les trains étant peu nombreux.

Quant aux voies ordinaires qui traversent la Seine, elles seront converties en ponts tournants, s'ouvrant de nuit et de jour par des moyens hydrauliques.

Il nous reste à indiquer brièvement comment les travaux de cette section les plus importants, c'est-à-dire ceux de dragage, peuvent être poursuivis sans entraves pour la navigation.

On se trouve, en effet, en présence d'un mouvement effectif de plus de 500 mille tonnes circulant par bateaux entre Rouen et Paris. Ce mouvement ne peut être interrompu.

Il ne le sera pas si l'on commence les dragages par la portion amont de la Seine. Des écluses en escalier construites près d'Andresy serviront,

en effet, à remplacer successivement celles d'aval mises à sec au fur et à mesure de l'enfoncement du nouveau lit.

Le nombre des biefs sera, dans ces conditions, progressivement réduit et les déblais s'effectueront toujours à une profondeur minimum.

IV

Port inférieur. Port supérieur.

Quelques personnes pourraient penser que l'arrivée de navire, dans un port situé à 20 kilomètres de l'enceinte de Paris, suffirait à la réalisation de l'idée qui a motivé ce travail. Bien des villes dites maritimes, ayant un commerce extérieur considérable, ont leur centre situé à pareille distance des quais d'embarquement.

Il se construit alors un faubourg spécial autour des docks, et les négociants, ayant passé la journée dans leurs bureaux, reviennent en ville le soir.

Cette solution semblerait s'appliquer d'autant mieux à la situation actuelle, que le projet est basé principalement sur le développement du commerce de transit, et que le transbordement par chalands peut aussi bien commencer au plan inférieur du canal, qu'à celui de la Seine, à Paris.

Une autre considération militait encore en faveur de l'arrêt des travaux aux environs de Poissy, c'était celle de la dépense. Il était, d'ailleurs, bien difficile de songer à dépasser l'embouchure de l'Oise, en se maintenant à une cote peu élevée ; il se fait par cet émissaire un mouvement atteignant près de 1,500,000 tonneaux. Si l'on admet qu'il cessera absolument, à la suite de l'ouverture de la section reliant le bassin de la Villette aux canaux du Nord, on peut remonter le *terminus* jusqu'à Maisons, gagnant ainsi quatre ou cinq kilomètres au prix d'une forte dépense, mais on retrouve là le chemin de fer de l'Ouest et l'on se heurte contre des propriétés bâties d'un prix excessif.

J'aurais donc presque été tenté de mettre le port final à Poissy, en regrettant quelque peu de ne point montrer aux Parisiens les mâtures des navires, mais un ingénieur des plus distingués me fit comprendre,

qu'en dehors du commerce de transit qui sera certainement considérable, celui provoqué par l'agglomération des habitants d'une capitale serait au moins aussi important, et pour celui-ci il importait de mettre les navires à une distance telle que le camionnage fût possible entre la rue Saint-Denis et les quais d'embarquement.

D'un autre côté, comme le roulage sur plan incliné opéré par la traction de chevaux était le plus coûteux, il importait que ce quai d'embarquement fût à la cote même du centre des affaires.

Ces idées, qui ne sont miennes que parce que je les ai adoptées, donnent toute l'économie de la partie supérieure du projet.

Le plan d'eau s'y trouve à la cote + 40 mètres; on y accède au moyen d'un escalier d'écluses construit en pleine forêt Saint-Germain.

Les navires arrêtés dans le port inférieur ne sont point dérangés par ceux qui remontent en amont, et l'on peut considérer le premier comme port franc, expédiant en chalands ou wagons plombés les colis transatlantiques jusque sur les bords du Rhin.

La cote de 40 mètres permet au canal supérieur de se développer jusqu'à Aubervilliers, en passant au-dessus de la Seine et des voies ferrées, et ce niveau est à peu près celui du canal de la Villette à Saint-Denis.

Dans cette section supérieure, on est obligé de construire tout un ensemble d'ouvrages d'art, si bien que chaque kilomètre de canal coûte en moyenne 5 millions de francs, mais nous espérons que l'intérêt de ce surcroît de dépense sera couvert et au delà par les produits généraux de l'entreprise.

Je n'ai point à m'étendre longuement sur cette partie de l'œuvre, non point parce que ma part de travail y a été faible ou parce qu'elle est d'un moindre intérêt, mais parce que, au point de vue théorique, il ne peut y avoir de doute sur les résultats.

Des ouvrages analogues ont été exécutés maintes fois.

Notons seulement que le développement des quais et des apponte-ments devra satisfaire à un commerce pouvant atteindre 4 millions de tonnes (au minimum 8 kilomètres de longueur).

Il me reste à dire quelques mots de l'alimentation du bassin supérieur et de la chute d'eau que l'on réalise à Andrezy. Ces deux points sont connexes; d'une part on a une chute d'eau de 15^{m},50, qui est alimentée par le débit entier de la Seine, et de l'autre, une élévation

nécessaire de quelques mètres d'eau par seconde à une altitude de 19m,70 au-dessus de la retenue d'Andrezy.

On distraira pour cela 3 ou 4 pour 100 de la force créée par la chute et réalisée par des turbines, le reste qui atteindra en moyenne 58,000 chevaux trouvera acquéreur, le jour, dans les usines de la banlieue, la nuit, à Paris même, pour l'éclairage municipal.

V

Je terminerai, Messieurs, en disant que le but que je désire atteindre n'est pas nouveau ; si le mot de Paris port de mer date seulement de soixante ans, la nef des armes de la cité et le sentiment populaire montrent que cette idée fait pour ainsi dire partie du cœur de tous les Parisiens.

Après Henri IV, qui n'avait manifesté qu'un désir, les ingénieurs de 1825, c'est-à-dire les Prony, les Dupin, les Fresnel montrèrent que ce désir pouvait être réalisé, et la solution qu'ils présentèrent était basée sur les études les plus complètes qui aient été faites pour des travaux publics [1].

La question peut être aujourd'hui abordée sous un nouveau côté, on peut utiliser le lit de la Seine ; au lieu d'un canal surélevé, diminuer ou supprimer les écluses, uniquement grâce aux progrès réalisés par les machines dragueuses, mais à nos ingénieurs seuls revient l'honneur d'avoir montré une solution juste, et si je m'en écarte aujourd'hui c'est en gardant une déférence d'autant plus profonde pour ces devanciers, que je m'appuie uniquement sur leurs études.

C'est dans les centaines de forages exécutés le long de la Seine que j'ai pu voir que l'on ne trouvait ni ces calcaires durs, dont l'extraction demande l'emploi de la dynamite, ni ces terrains fusant à l'eau qui font le désespoir des entrepreneurs. C'est à eux en somme que je dois d'avoir étudié cette belle question, puisque l'obligeance de M. de la Roy m'a fait communiquer les manuscrits autographes de la société formée en 1825, et qui, en 1830, après des débats officiels, était à la veille d'exécuter le projet.

1. Le côté historique de la question a été longuement traité dans la conférence faite à la Société de géographie commerciale.

Les événemnts de cette époque et les troubles qui suivirent firent oublier l'enthousiasme qui avait salué l'apparition du programme de la société, enthousiasme dont les contemporains conservent un vif souvenir, puis on s'engoua des chemins de fer, et les canaux et la navigation furent laissés de côté.

Nous devons à M. Krantz d'avoir réveillé la question de l'amélioration de la Seine, mais, en 1873, on était trop près de désastres pour ne point se contenter d'une solution incomplète, on traita d'abord les $3^{m},30$ de profondeur qu'il demandait d'audacieux et il ne put proposer de couper les ponts de la Seine.

Aujourd'hui le moment est venu de faire plus; grâce aux dernières mesures législatives la navigation se relève; la question peut donc encore une fois passionner le public; elle ne laissera derrière elle ni déboires ni divisions politiques. Je crois être sûr de trouver ici l'appui qui m'est nécessaire pour la faire réussir en invoquant la devise « *pro patria* » de la Société des études maritimes qui la première m'a donné des encouragements.

CRÉATION
D'UN PORT DE MER A PARIS

DISCUSSION

DU PROJET PRÉSENTÉ PAR M. BOUQUET DE LA GRYE

A LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS, LE 14 MAI 1882

PAR M. EDMOND ROY.

La solution du problème des grands travaux publics a une influence trop importante sur les questions d'ordre économique et d'intérêts nationaux, pour que l'ingénieur n'ait pas à s'en préoccuper ; en analysant, les différents projets présentés, au point de vue de l'ensemble de cette solution, quelles sont les conséquences qui peuvent en résulter, et si les avantages apparents, à première vue, sont bien réels.

La discussion, au point de vue technique seulement, d'un projet aussi important que celui de Paris port de mer, dans la réunion de la Société des ingénieurs civils, semblerait impliquer, de sa part, l'admission du principe de la nécessité de l'exécution de ce projet.

Dans le cas présent, il me semble que les questions primordiales à examiner, sont celles de la raison d'être et de l'opportunité de l'exécution du vaste projet, que son auteur, M. Bouquet de la Grye, a bien voulu nous présenter. L'examen et la discussion des questions techniques ne sont, pour moi, dans une circonstance aussi importante, que d'un ordre relativement secondaire, pour la solution desquelles, la science de l'ingénieur possède aujourd'hui, des moyens certains et rapides d'exécution.

Paris port de mer. — C'est un titre fait pour flatter l'imagination, on ne saurait en trouver un mieux approprié aux besoins de la spéculation, pour entraîner l'épargne dans une grande entreprise.

Historique.

Ancien projet. — Cette idée, prit pour la première fois un corps, en 1822, elle avait pour base la création d'un canal à écluses : les dépenses étaient évaluées à 215 millions de francs, y compris l'amélioration de la Seine, en aval de Rouen. Des ingénieurs éminents de cette époque lui prêtèrent le concours de leur science et de leur notoriété ; mais le port du Havre n'était alors, relativement, qu'à l'état d'embryon, l'arrivée des navires jusqu'à Rouen était des plus précaires ; on ne connaissait pas encore la puissance, l'économie, la célérité apportées dans l'industrie des transports, par les chemins de fer et la navigation fluviale à vapeur, et rien ne prouve qu'aujourd'hui, en présence des immenses progrès réalisés depuis quarante ans, que ces mêmes hommes seraient favorables à l'idée de Paris port de mer.

Nouveau projet. — Le nouveau projet n'est plus un canal à écluses, il n'a plus à se préoccuper de l'amélioration de la Seine entre la mer et Rouen ; en amont, c'est une tranchée profonde, creusée dans la vallée de la Seine, jusqu'aux portes de Paris, qui interceptera toutes les communications permanentes par routes et chemins de fer établies entre les deux rives de la Seine, depuis Rouen jusque près de Paris, pour permettre à la mer et aux navires d'arriver, en quelque sorte, de plein pied jusqu'à Poissy.

Puis une série d'écluses superposées, d'aqueducs gigantesques, à l'aide desquels, les navires de fort tonnage, voire même, dit-on, les vaisseaux cuirassés, seraient élevés et circuleraient dans l'espace, pour arriver dans Paris, à la hauteur des bassins de la Villette, à la vue et au grand profit des Parisiens émerveillés.

Le montant des dépenses est évalué à 256 millions.

Un des principaux motifs que font valoir les auteurs du nouveau projet, en faveur de sa réalisation, c'est de reconquérir la prétendue suprématie du transit, à travers le territoire français, des marchandises venant d'Amérique, en destination de la vallée du Rhin et du centre-ouest de l'Allemagne ; enlevée, par la concurrence que fait, à ce point de vue, le port belge d'Anvers, aux ports français du Havre et de Rouen.

Les distances respectives, par voie de navigation intérieure, pour arriver à Strasbourg, pris comme point central de comparaison, sont évaluées par l'auteur du projet :

A 580 kilomètres pour Anvers.
A 827 d° pour le Havre.
Et à 700 d° pour Rouen.

Par ce motif, l'auteur du projet propose, de faire pénétrer la haute mer en quelque sorte jusqu'à Paris, ce qui réduirait, suivant lui, la distance du point d'arrêt des navires, sur le territoire français, à Strasbourg, par navigation intérieure, à 460 kilomètres.

Une partie du transport de pénétration des marchandises, dans l'intérieur des terres, se trouverait ainsi effectué par les navires eux-mêmes, au lieu d'être fait par la batellerie.

Discussion sur le transit.

Au point de vue du transit, l'économie réalisée par le projet ne saurait être autre que la différence du prix de transport entre Rouen et Paris, effectué, soit par de gros navires jaugeant de 1,500 à 2,000 tonneaux, soit par des bateaux de 250 à 300 tonneaux, remontant la Seine canalisée jusqu'à Paris.

Je prends Rouen comme point normal d'arrivée des navires, parce que l'auteur du projet de Paris port de mer reconnaît, et c'est même là une des bases de l'économie relative de son projet, que les grandes améliorations faites dans le lit de la Seine, entre la mer et Rouen, assurent en tout temps une profondeur de 6 mètres d'eau, permettant aux navires de 2,000 tonneaux d'arriver dans ce port sans qu'il y ait lieu à faire de nouvelles dépenses.

D'après l'intéressante communication que nous a faite notre collègue, M. de Coene, à la dernière séance, sur la Seine maritime, non seulement il nous affirmé que cette profondeur de 6 mètres était aujourd'hui bien assurée, mais il nous a encore montré que cette profondeur pourrait être portée à 8 mètres sans grande dépense.

Dans ces conditions, Rouen deviendrait, en tant que mouillage, l'égal d'Anvers.

Destruction du commerce maritime du Havre et de Rouen. —

Avant d'entrer dans la discussion des chiffres ayant pour but de faire ressortir les avantages du projet de Paris port de mer, je vous ferai remarquer, Messieurs, que si Anvers ne fait aux ports du Havre et de Rouen qu'une concurrence de transit pour l'Allemagne, que Paris port de mer ne tendrait à rien moins qu'à tuer net le commerce et la marine de ces deux importantes villes maritimes.

L'auteur du projet le reconnaît du reste implicitement, en donnant, au port du Havre, la perspective de ne pas perdre le bénéfice de rester le port d'embarquement des grands paquebots transatlantiques, et au port de Rouen, l'espérance de recueillir, au passage, quelques bribes du grand mouvement commercial qui passerait devant lui.

Prix de fret. — Dans son évaluation du prix de fret de la tonne de marchandise, entre New-York et Paris port de mer, M. Bouquet de la Grye, établit ce prix ainsi qu'il suit :

Fret proprement dit, jusqu'à Paris.	33 fr. 30
Coût supplémentaire, pour atterrissage et droits de navigation sur la Seine.	8 50
Total.	41 fr. 80

de majoration, en raison du manque de fret de retour, qu'il porte à 3 fr. 85 par tonne pour le port d'Anvers, et à 10 fr. 50 pour le port de Rouen, il n'en parle pas pour Paris port de mer.

C'est là une omission importante, qu'il me paraît nécessaire de rectifier, car l'auteur du projet, ne suppose pas, et on ne saurait admettre, en effet, que Paris port de mer, arriverait à avoir un tonnage maritime supérieur à celui du port d'Anvers, qui est au moins de 4 millions de tonnes.

De cette observation, il résulte que le prix du fret de la tonne de marchandise, entre New-York et Paris port de mer, ne saurait être évalué à moins de 45 fr. 65, et non pas à 41 fr. 80, pour établir une comparaison exacte avec Anvers.

Remonte de la marchandise en Seine par navires. — L'auteur du projet admet que la remonte en Seine, dans un chenal de 45 mètres de largeur, se fera aussi facilement et aussi économiquement pour des navires de 1,500 à 2,000 tonneaux, que lorsqu'ils naviguent en pleine mer. C'est là une hypothèse complètement erronée.

En effet, les navires à voiles ne pourront remonter la Seine, et suivre ses nombreux contours, qu'à l'aide de puissants remorqueurs, le personnel du bord et par suite les frais des navires resteront les mêmes pendant la navigation en Seine qu'en pleine mer; et il y a lieu d'y ajouter le prix de la remorque, qui ne saurait être inférieur à 0c,7 par tonne et par kilomètre, entre Rouen et Paris; soit pour un parcours de 225 kilomètres, une augmentation de 1 fr. 60 par tonne, soit sans aucune majoration pour manque de fret de retour, un prix total de 43 fr. 40 pour les voiliers.

Pour les navires à vapeur se remorquant eux-mêmes, on m'accordera bien, je pense, de rapporter au kilomètre, pour la remonte en Seine, le prix de transport de 0 fr. 01 appliqué par M. Bouquet de la Grye, au mille marin (1852 mètres) pour la navigation en pleine mer, sans qu'il me soit nécessaire d'entrer ici dans une discussion technique : ce qui donne, toujours sans majoration, un prix total de 42 fr. 80 pour les vapeurs.

Remonte de la marchandise en Seine par bateaux. — Examinons maintenant quel serait le prix du fret jusqu'à Paris, dans la simple hypothèse de la Seine modestement canalisée à 2m,20 de profondeur, et par suite, le transport complémentaire entre Rouen et Paris tout simplement effectué par des bateaux à vapeur jaugeant 250 à 300 tonneaux.

J'admettrai, avec M. Bouquet de la Grye, que ce transport peut se faire à 0 fr. 015 par tonne et par kilomètre, soit, pour 225 kilomètres entre Rouen et Paris, en profitant du raccourcis actuel que procure le canal de Saint-Denis, 3 fr. 38 par tonne.

D'après les données de l'auteur du projet, nous avons :

1° Pour prix du fret entre New-York et Rouen. . .	31 fr.	98
2° Atterrissage ou droit local.	5	»
Ajoutant : 1° Frais de transbordement.	0	50
2° Transport par bateau sur la Seine canalisée. . .	3	38
On a : prix total de la tonne rendue à Paris par Rouen port de mer.	40 fr.	86

Comparaison des prix de remonte en Seine. — En comparant ce

prix à ceux établis précédemment, dans l'hypothèse de Paris port de mer, on trouve qu'il est inférieur à celui de l'auteur du projet, de. . . . . 0 fr. 94

Au même rectifié : 1° Pour voiliers de. 2 54

2° Pour navires à vapeur de. . . 1 94

On voit par ces résultats, que le projet de Paris port de mer, donne un prix de transport plus élevé, entre Paris et New-York ; que Rouen port de mer, avec une modeste canalisation de la Seine, à 2m,20 de profondeur; et comme on est en train d'achever cette canalisation à 3m,20 de profondeur, les intérêts de Paris sont donc mieux desservis par ce qui existe que par ce que l'on propose de faire, en jetant encore 256 millions à l'eau.

De cette comparaison, il résulte encore une marge de 2 fr. 20 par tonne, en moyenne, en faveur du port de Rouen, qui pourrait être appliquée, soit à des frais de manutention imprévus, soit à la majoration pour manque de fret de retour, ou au transport entre Rouen et Paris.

Transit par canaux.

Examinons maintenant, Messieurs, la question de transit vers la vallée du Rhin et le centre-ouest de l'Allemagne.

Le prix du fret de la marchandise rendue à Paris est, d'après ce qui précède (sans majoration pour manque de fret de retour) :

Par Paris, port de mer, en moyenne, de. 43,10

Par Rouen, port de mer et Seine canalisée, de.. . . 40,90

Il faut la charger sur des bateaux ayant à voyager sur la Marne canalisée, le canal latéral à la Marne, et enfin, sur le canal de la Marne au Rhin.

Sur la Marne canalisée, il arrive fréquemment que les bateaux ne peuvent caler plus de 1m,25, le canal latéral à la Marne et celui de la Marne au Rhin, permettent bien d'avoir des bateaux calant 1m,50 en tout temps, mais cela ne sert à rien pour le transit, puisqu'il faut passer d'abord par la Marne canalisée.

D'après les données de M. Bouquet de la Grye, la distance de Rouen

à Strasbourg, par nos voies de navigation intérieure, serait de 700 kilomètres, or, comme de Rouen à Paris, il y a, par la Seine, 245 kilomètres, il ne resterait à parcourir, entre Paris et Strasbourg, que 445 kilomètres, cette donnée est inexacte; cette distance est de 612 kilomètres, avec 220 écluses à franchir [1]. C'est là une rectification importante, qui modifie considérablement. les appréciations de M. Bouquet de la Grye, au point de vue du transit par Paris port de mer, et nos voies navigables intérieures.

On conçoit facilement que ce n'est pas sur une voie de navigation ne permettant, souvent, que $1^{m},25$ d'enfoncement, avec des écluses dont la longeur descend à $33^{m},80$, dans les rectifications du lit de la Marne, qu'il soit possible d'avoir des bateaux à vapeur d'un tonnage suffisant, pour permettre de faire des transports à $1^{c},5$ par tonne et par kilomètre : il est bon d'ajouter, qu'en pratique de navigation sur les canaux, on compte que le passage d'une écluse équivaut à un parcours de 1 kilomètre; par suite du temps perdu à chaque écluse, qui est, en moyenne, de 15 minutes pour les bateaux à vapeur, et de 20 à 25 minutes pour ceux halés par chevaux; par conséquent la distance de transport par voie d'eau, entre Paris et Strasbourg, devrait donc être comptée comme étant de 832 kilomètres, qui, en raison du faible tonnage relatif, que peuvent avoir les bateaux, exigerait un tarif de 0 fr. 02 par tonne et par kilomètre, soit pour ce parcours, 16 fr. 64.

Admettant que cette grande voie de navigation intérieure soit ultérieurement améliorée, et portée à une profondeur de $2^{m},20$, permettant de faire les transports à $1^{c},5$ par tonne et par kilomètre, le prix de transport de la tonne, entre Paris et Strasbourg, ressortirait encore à 12 fr. 48.

Rien que de ce fait, incontestable, nous sommes loin du prix de 6 fr. 90 indiqué par M. Bouquet de la Grye, et le prix de fret par Paris port de mer, ressort au minimum à 54 fr. 28 par tonne de New-York à Strasbourg, sans majoration pour manque de fret de retour.

Paris à Strasbourg par chemins de fer. — A titre de renseignement, je dirai en passant que la distance par chemin de fer, de

1. Voir *Manuel des voies navigables*, par A. Larue, 1877. — *Statistique des voies de navigation de la France*, par Lucas, Ingénieur en chef des ponts et chaussées, 1873.

Paris à Strasbourg, est de 500 kilomètres; d'où il résulte qu'il suffirait que le chemin de fer abaissât son tarif à 3c,3 par kilomètre, pour effectuer les transports entre Paris et Strasbourg, au même prix qu'il est possible de le faire dans l'état actuel des canaux, et à 2c,5 s'ils étaient améliorés. C'est exactement ce même et dernier rapport qui existe, entre la navigation sur la Seine améliorée et le chemin de fer de Paris à Rouen.

Anvers à Strasbourg. — Les voies de navigation intérieure entre Anvers et Strasbourg sont les canaux de l'Escaut à la Moselle, de la Moselle à la Meuse, des houillères de la Sarre et de la Marne au Rhin, elles n'ont qu'un faîte un peu important à franchir dans les Ardennes flamandes, mais qui n'est pas à comparer avec celui des Vosges, le nombre des écluses à franchir ne dépasse pas 100, la longueur totale de cette voie de navigation étant de 650 kilomètres et non pas 580. Il y a lieu de compter sur un parcours de 750 kilomètres, pour l'ensemble de cette voie de navigation intérieure, les bateaux peuvent avoir, en tout temps, un enfoncement minimum de 1m,50, on peut donc à la rigueur y admettre le tarif kilométrique de 1c,5, soit pour transport de une tonne de marchandise d'Anvers à Strasbourg, 11 fr. 25 au lieu de 8 fr. 70 compté dans les évaluations du projet.

J'ajouterai à tous ces renseignements, un fait bien fâcheux pour le projet de Paris port de mer, c'est que le parcours d'Anvers à Strasbourg (480 kilomètres), par chemin de fer, est moindre que celui de Paris à Strasbourg, d'où il résulte, qu'en abaissant le tarif à 2c,6 entre Anvers et Strasbourg, la marchandise arriverait à aussi bon marché à Strasbourg qu'en l'abaissant à 2c,5 entre Paris et Strasbourg.

Prix du fret de New-York à Strasbourg. — Désirant suivre, pas à pas, les arguments présentés par l'auteur du projet, il convient maintenant d'établir le prix du fret de la tonne de marchandise entre New-York et Strasbourg par les trois ports, Anvers, Rouen et Paris port de mer, en tenant compte des rectifications de parcours par navigation intérieure; mais sans omettre, toutefois, comme le fait M. Bouquet de la Grye, de compter un prix égal pour manque de fret de retour, attendu que, si les ports français pouvaient absorber la majeure partie du

grand tonnage de transit du port d'Anvers, pour le centre-ouest de l'Allemagne, ils se trouveraient, pour le fret de retour, dans une situation analogue à celle d'Anvers.

Fret de New-York à Strasbourg, viâ.

DÉSIGNATION	ANVERS et canaux existants.	ROUEN et canaux		PARIS port de mer et canaux	
		existants.	améliorés.	existants.	améliorés.
Fret par navires.....	33.25	31.98	31.98	34.60	34.60
Majoration pour manque de fret.....	3.85	3.85	3.85	3.85	3.85
Supplément local et droit de navigation.....	6.00	5.00	5.00	8.50	8.50
Frais de transbordement.	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Transport par canaux et rivières.....	11.25	20.02	15.86	16.64	12.48
Prix total.....	54.85	61.35	57.19	64.09	59.93

On voit, par la comparaison de ces résultats, que Paris port de mer, encore moins que Rouen, ne saurait, dans l'état précaire de nos voies de navigation intérieure, faire concurrence au port d'Anvers pour le transit des marchandises de l'Amérique en destination de la vallée du Rhin et des vingt millions d'habitants du centre-ouest de l'Allemagne, dont parle M. Bouquet de la Grye, et que, nos voies de navigation intérieure fussent-elles améliorées, c'est encore le port de Rouen qui permettrait le mieux, sinon d'absorber tout ce transit, tout au moins d'en avoir une partie.

Transit par chemins de fer.

Si nous nous reportons aux distances par voie ferrée entre Strasbourg et Anvers ou Paris, nous trouvons que l'avantage reste encore à Anvers, et comme le prix de la marchandise rendue à quai à Paris, par Paris port de mer, sans majoration pour manque de fret de retour, est de 43 fr. 10, tandis qu'il n'est que de 39 fr. 25 à Anvers, il en résulte que l'utilisation de la voie ferrée ne peut pas plus donner à

Paris port de mer, des avantages sur Anvers, que les voies de navigation intérieure.

Seul, le port de Rouen pourrait concurrencer Anvers pour certaines marchandises, car, avec nos voies de navigation intérieure améliorées, il n'y aurait qu'une différence de 2 fr. 26 à notre désavantage, tandis qu'elle serait encore de 5 fr. 10 avec Paris port de mer.

Etat général de nos voies de navigation intérieure. — Pour cela, il faudrait faire disparaître les nombreuses variations de longueur d'écluses et de profondeur d'eau, tant sur les canaux que sur les rivières canalisées qui ne permettent pas, dans l'état actuel des choses, d'effectuer des transports à longues distances sans rompre charge, et même sans changer de bateau en quelque sorte à chaque rivière, à chaque canal.

Pour vous édifier en passant, à ce sujet, permettez-moi, Messieurs, de vous donner un résumé succinct, puisé à une source officielle, de ces variations par région :

RÉGIONS.	LONGUEUR DES ÉCLUSES.	PROFONDEUR D'EAU.
	m. m.	m. m.
NORD	33.20 à 42.50	1.50 à 2.00
CENTRE [1]	27.80 à 44.00	0.80 à 1.80
EST	37.00 à 38.10	1.30 à 1.90
OUEST	29.40 à 32.50	1.50 à 1.60
MIDI	31.00 à 38.70	1.60 à 2.00

1. Le canal du Berry qui a plus de 300 kilomètres de long, a des écluses de 2m,70 de largeur.

Cette nomenclature ne comprend pas la canalisation de la Seine en aval de Paris ; mais je ferai remarquer que la haute Seine, quoique canalisée, ne présente souvent qu'une profondeur de 0m,80, tandis qu'elle reçoit à Montereau, par l'Yonne, les canaux de Bourgogne et du Nivernais ayant des profondeurs de 1m,80 et 1m,50, mais dont les écluses n'ont que 34 mètres et 33m,10 de longueur, tandis que celles de la haute Seine ont 44 mètres.

Quant au Rhône il ne saurait en être question, dans l'état où il est, pour pouvoir faire concurrence aux chemins de fer.

Le canal du Midi et celui latéral à la Garonne, établissant la commu-

nication entre la Méditerranée et l'Océan, ont été abandonnés à la gestion de la Compagnie des chemins de fer du Midi, qui y prélève des droits de navigation de 4 et 5 centimes par tonne et par kilomètre pour les vins, et de 2 et 3 centimes pour la houille.

On peut dire, sans exagération, que la navigation intérieure est morte sur toute la région de la France comprise entre une ligne droite joignant Bordeaux à Lyon, et la Méditerranée.

Il est bien évident, dans ces conditions, que, à part sur nos canaux du Nord et la basse Seine, il est impossible à notre navigation intérieure de faire une concurrence sérieuse aux chemins de fer et, par suite, de faire du transit à bon marché.

Il y a là une question qui, par son importance et ses conséquences économiques, devrait bien plus appeler l'attention de l'administration des travaux publics et de nos législateurs que celle du rachat des chemins de fer, et de la construction d'une masse d'embranchements de chemins de fer, établis dans des conditions désastreuses pour le Trésor public.

Économie sur le prix de la houille.

On dit aussi que Paris port de mer donnerait à la consommation parisienne une économie annuelle de 10 millions de francs sur la houille.

La consommation annuelle de houille du département de la Seine est de 2 millions 1/2 à 3 millions de tonnes. C'est un marché très convoité par les Anglais; aussi, nos gouvernants et nos édiles parisiens, mus sans doute par une touchante sollicitude pour notre industrie nationale, se sont-ils mis à dépenser 35 à 40 millions pour canaliser la Seine à une profondeur de $3^m,20$, malgré les vœux de la batellerie, plus clairvoyante, qui se contentait de $2^m,20$.

L'exécution de cette idée malheureuse permettra à des caboteurs charbonniers à vapeur anglais, d'un tonnage de 4 à 500 tonneaux d'arriver, directement des ports d'Angleterre, venir aborder à quai à Paris, tandis qu'il n'a encore rien été fait pour améliorer et permettre d'abaisser les prix de transport, par voie de navigation, entre nos riches bassins houillers des départements du Nord et du Pas-de-Calais.

Inutilité de Paris port de mer pour la houille à bon marché. — Paris port de mer, n'améliorerait en rien l'arrivage facile et à bon marché des houilles anglaises à Paris, relativement à la solution en cours d'exécution.

En effet, si les navires d'un très fort tonnage présentent un avantage notable sur les navires à tonnage moyen pour les transports au long cours, il n'en est pas de même pour le cabotage, dont les navires ont beaucoup plus de temps à passer au chargement et au déchargement relativement à la durée du voyage que les navires long-courriers.

Par suite, la solution de Paris port de mer ne présenterait donc aucun avantage économique à la population et à l'industrie parisiennes, sur la solution de Paris à demi-port de mer, qui est en cours d'exécution, et dont il me paraît opportun, eu égard à l'importance de l'ensemble de la discussion, de vous signaler les conséquences économiques qui pourront en résulter, pour le commerce et l'industrie nationales.

Conséquences de la canalisation de la Seine à 3m,20 de profondeur.

Dans une communication sur la construction de nouveaux canaux que nous fit notre collègue, M. Cotard, l'année dernière, il estimait que le prix réel kilométrique du transport d'une tonne de marchandise sur les canaux et rivières canalisés était, en moyenne, de 4 centimes, en tenant compte de l'intérêt et de l'amortissement du capital dépensé pour la construction et des frais d'entretien de ces voies de communication. A ce point de vue, je fus entièrement de son avis.

Or, comme l'État a supprimé tout droit de navigation intérieure, en admettant que la batellerie prélève, pour son industrie de transports, 2 centimes par tonne et par kilomètre, il reste à la charge du Trésor public, c'est-à-dire des contribuables, à payer 2 centimes par tonne kilométrique transportée par canaux et rivières canalisés. Naturellement, à moins d'une nouvelle loi spéciale concernant les navires étrangers, les caboteurs à vapeur anglais, remontant la Seine jusqu'à Paris, bénéficieront de cet avantage. Pour un parcours de 225 kilomètres, ce sera donc un don gratuit de 4 fr. 50 par tonne de houille introduite qui leur sera accordé, attendu que les constructeurs de navires en An-

gleterre, les armateurs et les équipages qui monteront ces navires seront tous sujets anglais, et n'auront à payer aucun des lourds impôts auxquels sont soumis les industries et tous les citoyens français, et ne prendront, par conséquent, aucune part au payement du bénéfice dont ils seront appelés à jouir et que leurs concurrents français seront obligés de payer.

Une conséquence non moins importante résultera, forcément, de la pénétration gratuite des caboteurs anglais jusqu'à Paris. Ces navires auront besoin de lest pour retourner en Angleterre ; le chargement à Paris, même gratuit, d'une tonne de marchandise pour un port d'Angleterre représentera, pour eux, l'économie du prix d'achat d'une tonne de lest ; dans ces conditions, ils enlèveront à vil prix, voire même pour rien, tout le fret d'exportation de l'industrie parisienne pour le porter dans les ports d'Angleterre aux navires long-courriers de ce pays, qui leur donneront certainement encore une prime de commission ; nos villes maritimes de Rouen et du Havre verront passer devant elles un fret considérable, qui sera enlevé à notre marine marchande ; les commissionnaires des ports d'Angleterre se substitueront à nos commerçants français, et on verra peu à peu le commerce d'exportation de l'industrie parisienne passer dans les mains des négociants anglais.

Dans ces conditions, la consommation et l'industrie parisiennes pourront peut-être gagner annuellement 8 à 10 millions sur la houille, mais, en échange, le Trésor public payera annuellement 10 à 12 millions en faveur des houilles et de la marine anglaises ; il aura à établir et à solder tout un nouveau service de douane entre Rouen et Paris, nos houillères du Nord et du Pas-de-Calais perdraient un marché annuel de 2 millions 1/2 à 3 millions de tonnes et, par conséquent, pour 45 à 50 millions de francs de production ; nos chemins de fer et notre batellerie du Nord et de la Seine, pour 18 à 20 millions de transports ; nos ports du Havre et de Rouen pour 25 à 30 millions de fret chaque année, soit une perte totale annuelle d'environ 100 millions de travail pour notre industrie et notre marine nationales.

On ne saurait mieux s'y prendre pour ruiner son pays !

N'était-il pas possible de faire gagner à Paris cette économie annuelle de 8 à 10 millions sur la consommation de la houille, sans faire cette canalisation de la basse Seine à $3^{m},20$ de profondeur, et sans donner lieu aux craintes fondées que je viens d'exprimer?

Voici brièvement la réponse.

Grand canal du Nord.

L'amélioration et l'unification des canaux, et principalement la construction du grand canal du Nord, réclamée par tout le commerce et l'industrie de cette importante région depuis de longues années, donneraient, par rapport à l'état actuel de ces canaux, une réduction de parcours de 90 kilomètres sur Paris, la facilité d'avoir des bateaux portant 300 tonnes, et le prix de transport par voie d'eau des houilles françaises sur Paris qui est actuellement de 6 fr. 50 et 7 francs la tonne, pourrait être abaissé à 3 fr. 50 et 4 francs.

Cette simple solution, avec la basse Seine canalisée à 2^{m},20, eût donné satisfaction à tous les intérêts nationaux, en même temps qu'elle aurait tenu en bride les houillères du Nord, par une concurrence étrangère loyale, dans le cas où elles auraient eu la prétention de profiter seules de l'amélioration de nos voies de transport, et cela sans compromettre notre commerce et notre industrie. J'avoue que cette solution n'aurait pas eu le triste avantage d'ouvrir les portes de Paris aux Anglais, en les laissant pour ainsi dire fermées pour les Français.

Je vous demande pardon, Messieurs, d'être sorti un instant de la solution absolue de Paris port de mer, pour vous entretenir de Paris demi-port de mer.

Considérations sur l'ensemble du projet.

Revenant donc à la question.

On fait miroiter aux yeux des Parisiens la lumière électrique, qui leur serait donnée gratuitement par une puissance hydraulique de 30,000 chevaux, créée à Poissy par une chute de la Seine de 15 mètres. C'est assez problématique, mais cette ideé a le grand mérite de frapper l'imagination, en rappelant les merveilles de l'île mystérieuse de Jules Verne. Je pense que les puissances de 2 à 3,000 chevaux créées à chaque barrage des écluses d'une canalisation et réparties dans le parcours de la Seine, entre Paris et Rouen, pourraient, tout en présentant un côté moins merveilleux, être bien plus utilement et bien plus

sûrement mises à profit pour le développement de l'industrie et de l'agriculture que ne le ferait cette chute de 15 mètres, pour l'obtention de laquelle il y aurait à creuser un fiord profond, séparant le nord ouest du centre-ouest de la France sur un parcours de 200 kilomètres, en coupant les communications permanentes établies entre les nombreuses populations des deux rives de la Seine, depuis Rouen jusqu'aux portes de Paris.

Quelque flatteur que puisse être pour la science de l'ingénieur d'avoir à créer un diminutif des chutes du Niagara, de faire construire des aqueducs sur lesquels les vaisseaux navigueront à vingt mètres au-dessus du sol, j'avoue que ces grandes conceptions ne me séduisent pas, eu égard aux dépenses extraordinaires, aux bouleversements d'intérêts généraux sans profits qui en résulteraient pour atteindre un but dont les auteurs n'ont vu que le côté brillant, qui leur en a caché, non seulement l'inutilité, mais encore, ainsi que je crois l'avoir démontré, les résultats contraires aux intérêts économiques de la ville de Paris en même temps qu'aux intérêts nationaux français.

Rien n'a été omis dans l'éloquent plaidoyer fait devant vous en faveur de Paris port de mer : la nef des armes de la ville de Paris, le souvenir de la hanse des marchands de l'eau de la Seine au moyen âge, le désir exprimé par Henri IV, moins toutefois la fine réponse du grand ministre Sully : « *Sire, cette idée-là ne saurait entrer dans la tête des Français.* »

Je suis, Messieurs, de l'avis de ce sage et patriote ministre.

TRAMWAY ÉLECTRIQUE

AÉRIEN

PROJET DE M. J. CHRÉTIEN.

La nécessité d'établir de nouveaux moyens de transport et de circulation dans Paris étant suffisamment démontrée et l'accord étant fait maintenant sur ce point, la discussion ne porte plus que sur le choix à faire parmi les diverses solutions proposées.

Toutes ces solutions peuvent se grouper en deux catégories : celles des chemins de fer souterrains, dits métropolitains, comme on les appelle à Londres, et celle des tramways aériens; dénomination qui, paraît-il, doit seule être appliquée aux chemins de fer en élévation construits sur la voie publique.

Nul n'ignore jusqu'à quel point je suis hostile aux chemins de fer souterrains. La répugnance invincible que j'éprouve à m'enfermer dans des milieux obscurs et malsains est certainement partagée par la grande majorité de la population parisienne. Je ne crois donc pas trop m'avancer en disant que ce moyen de locomotion n'aura jamais assez la faveur du public pour que la création de voies souterraines puisse être considérée comme une solution satisfaisante.

Les objections qui ont été formulées ici même, aux divers points de vue de l'hygiène, de la sécurité des voyageurs, des difficultés d'exécution et des dépenses considérables qu'implique un réseau métropolitain, devraient suffire à elles seules pour faire abandonner une telle entreprise.

Quand l'insuffisance des rues se manifesta à New-York comme elle se manifeste actuellement à Paris, les Américains envoyèrent des ingénieurs visiter le Métropolitain de Londres et, à leur retour, les

chemins aériens furent décidés. Les Parisiens peuvent-ils se montrer moins difficiles que les Américains !...

Et, à tant faire que d'imiter, pourquoi aller choisir ce qui ne se fait qu'à Londres, plutôt que ce qui se fait à New-York, à Philadelphie, à Rotterdam, à Berlin, etc.

M. Schaller, ne nous disait-il pas ici, à propos des projets de Vienne, que M. Fowler, le célèbre constructeur du Métropolitain de Londres, déclare franchement que, si aujourd'hui il avait encore à construire un chemin de fer métropolitain, il se servirait du système aérien, en raison des expériences qui ont été faites depuis à New-York et dans d'autres capitales de l'Europe.

Je suis donc, sans réserves, partisan des tramways aériens et c'est pour démontrer qu'ils offrent une solution facile et avantageuse à tous égards, que j'ai étudié le projet qui fait l'objet de cette communication.

Conditions à remplir. — La véritable solution consiste à établir un réseau de voies ferrées, dont les voitures sillonneraient la ville, autant que possible en tous sens, comme le font aujourd'hui les omnibus ; mais ayant sur ceux-ci l'avantage de pouvoir transporter plus rapidement un nombre de voyageurs beaucoup plus grand, et de ne point circuler sur la voie publique elle-même déjà trop encombrée d'autre part. C'est là surtout ce qui conviendrait le mieux pour répondre à tous les besoins de la circulation si active à l'intérieur de Paris.

Quant aux moyens ayant pour but de drainer, comme on l'a dit, la population, pour la transporter à certaines heures, hors de la ville elle-même, c'est l'affaire des lignes de chemin de fer qui rayonnent déjà dans beaucoup de directions, et des lignes de banlieue, dont le nombre pourrait certainement être augmenté avantageusement.

Le meilleur moyen de résoudre le problème ainsi posé consiste à établir les nouveaux moyens de transport dans des conditions telles que les véhicules se succèdent à des intervalles aussi rapprochés que possible, afin que les voyageurs n'aient, pour ainsi dire, jamais à attendre ; et de plus, à mettre en circulation un nombre suffisant de voitures, pour que l'on soit toujours assuré d'y trouver de la place.

Ces deux conditions jointes à la rapidité de la marche et à la modicité du prix, que l'on doit chercher à établir aussi bas que possible,

amèneront certainement une augmentation considérable du nombre des voyageurs actuellement transportés par les divers services de voitures. Il est bon d'ajouter que cette augmentation donnera surtout des *bons voyageurs*, c'est-à-dire ceux qui font de courts trajets; tandis qu'avec l'insuffisance actuelle des voitures et leur prix relativement élevé, on n'a guère à transporter que des *mauvais voyageurs*, c'est-à-dire ceux qui se résignent à payer cher ou à attendre longtemps pour parcourir un long trajet.

C'est en m'inspirant de ces considérations que j'ai cherché à résoudre le problème et je suis arrivé à cette conclusion que la meilleure solution devrait comporter un réseau de voies ferrées très développé, formé d'un grand nombre de lignes distinctes se croisant le plus souvent possible, dans des plans différents, et ayant des stations communes aux points de rencontre. Sur ce réseau circuleraient des voitures à cinquante places, se succédant de minute en minute quand cela serait nécessaire en temps normal. Aux jours de grande affluence, on doublerait au besoin le nombre des voitures et l'on aurait alors deux voitures accouplées contenant cent places, passant à chaque minute aux stations.

Capacité de transport. — Ces conditions permettraient de réaliser ce que l'on peut appeler le maximum de capacité de transport d'une voie ferrée dont les stations seraient très rapprochées et sur laquelle il y aurait un grand renouvellement de voyageurs. Avec des trains composés d'un plus grand nombre de voitures, les cohues de la foule seraient plus à redouter, les arrêts aux stations devraient être plus longs, les départs seraient moins fréquents et l'on obtiendrait un résultat final moins satisfaisant, sans augmenter sensiblement la véritable capacité de transport.

Avec deux voitures à cinquante places accouplées, se succédant de minute en minute dans chaque sens, on ferait circuler, sur chaque ligne, deux cents places par minute : soit douze mille par heure. En tenant compte des renouvellements favorisés par le bas prix et les diverses facilités du service, on pourrait compter, aux moments de grande activité, sur deux voyageurs transportés par place offerte et on atteindrait, dans cette hypothèse, le chiffre énorme de quatre cents voyageurs par minute : soit vingt-quatre mille par heure. C'est évidemment plus qu'il ne convient d'espérer.

Cette hypothèse de deux voyageurs transportés par place offerte, aux moments de la plus grande circulation, n'a rien d'exagéré, dans les conditions avantageuses indiquées; car, sur les bonnes lignes d'omnibus et de tramways, la moyenne du service donne plus d'un voyageur transporté par place, et, si l'on ne considérait que le service pendant les heures de grand trafic, le renouvellement serait certainement plus grand.

Sans doute, aux jours de grande affluence de la foule, il y aura des moments où, sur quelques points, cette puissance de transport pourra être encore insuffisante; mais on n'édifie pas une œuvre aussi importante en vue d'un cas tout à fait exceptionnel. On ne saurait avoir un matériel considérable en chômage toute l'année pour ne l'utiliser qu'accidentellement : nulle solution ne saurait échapper à cette règle.

En admettant même que cette capacité de transport puisse être augmentée et que les voyageurs ne feraient pas défaut : les abords des stations et les rues elles-mêmes ne permettraient pas d'aller au delà.

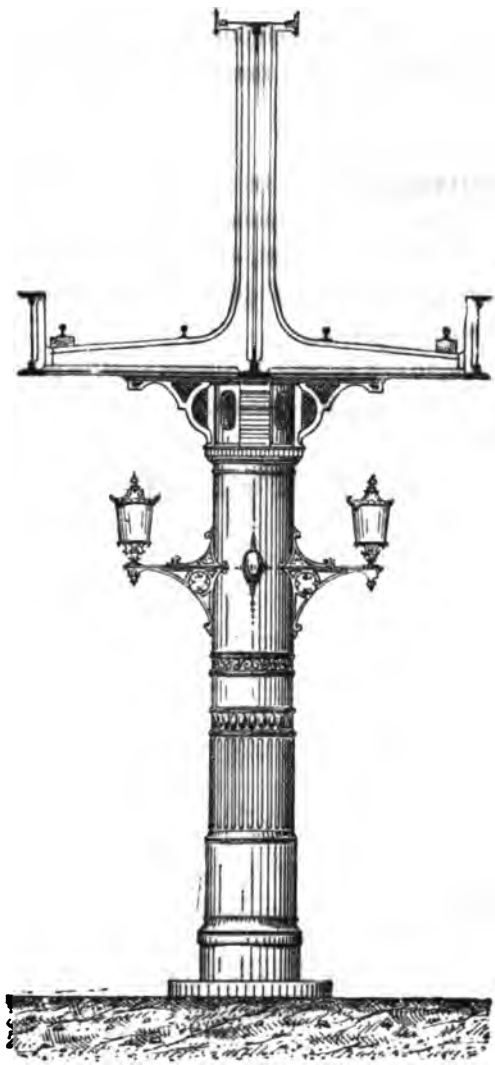
Dans les rues larges, comme les rues Lafayette et du Quatre-Septembre, par exemple, dont les trottoirs ont quatre mètres de largeur, c'est à peine si chaque trottoir peut fournir passage à cinquante personnes, par minute, dans chaque sens. La circulation y est déjà difficile quand ce nombre descend à vingt-cinq ou trente. Cette simple remarque donne une idée du flot de monde que peut représenter le chiffre ci-dessus de cent personnes, par minute, dans chaque sens.

Il n'est pas inutile non plus de faire remarquer que le moyen de transport dont il s'agit soutient, à son grand avantage, la comparaison avec les lignes de chemin de fer existantes; même celles sur lesquelles la circulation a sa plus grande activité : telles que les lignes de Versailles, Saint-Germain, Vincennes, etc.

Sur ces lignes, en effet, les départs des trains sont fixés à des intervalles qui sont ordinairement d'une demi-heure : comme les trains se composent de vingt-cinq voitures, cela correspond à moins d'une voiture par minute. Ce n'est qu'aux jours et aux heures de grande affluence de voyageurs que les départs sont parfois rapprochés. Mais, même avec des départs à quinze minutes d'intervalle, cela ne fait pas encore deux voitures par minute; tandis qu'avec l'organisation précédemment indiquée, il part une voiture, par minute, en temps normal et deux au moment du service extraordinaire.

Ce n'est donc ni en vue d'une difficulté quelconque à éviter, ni d'une économie à réaliser, que j'ai adopté le système des voitures isolées, ou doublées en cas de besoin. *C'est uniquement parce que cette solution est la plus satisfaisante à tous égards.*

Légèreté de construction. — Une considération qu'il importe de



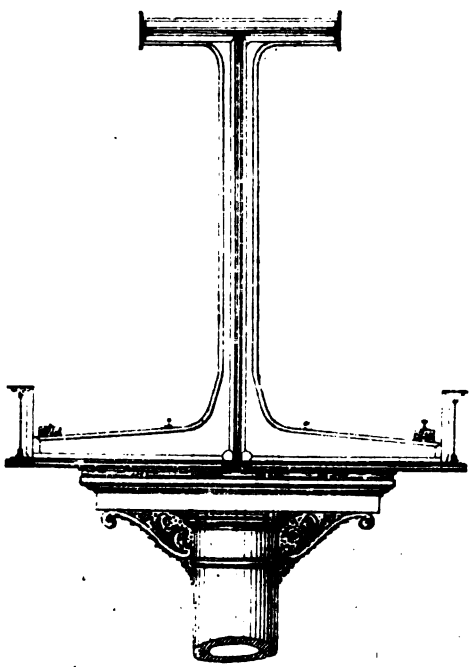
faire valoir en faveur de ce système : c'est que les masses en mouvement sont considérablement moindres que celles de trains comprenant

beaucoup de voitures remorquées par une locomotive. De là cette conséquence, que l'on peut adopter un mode de construction beaucoup plus léger, moins encombrant et en même temps plus élégant ; tout en conservant le même degré de solidité.

On conçoit, en effet, que si le poids maximum en mouvement n'est que de 15 tonnes au lieu de 100, 150 ou 200 tonnes, on pourra atteindre une légèreté suffisante qui rendra possible le système des viaducs portés sur une seule rangée de colonnes : ce que l'on ne saurait faire pratiquement dans Paris, si les masses devaient être beaucoup plus considérables.

Mode d'établissement. — Le mode de construction que j'ai adopté consiste à placer sur la chaussée des chemins à parcourir, une rangée unique de colonnes portant, en élévation, un viaduc métallique à deux voies. Les figures 1 et 2 ci-jointes indiquent une section transversale suffisamment explicite.

La figure 1 indique une section de viaduc à petite portée, et la figure 2 une section de viaduc à grande portée.



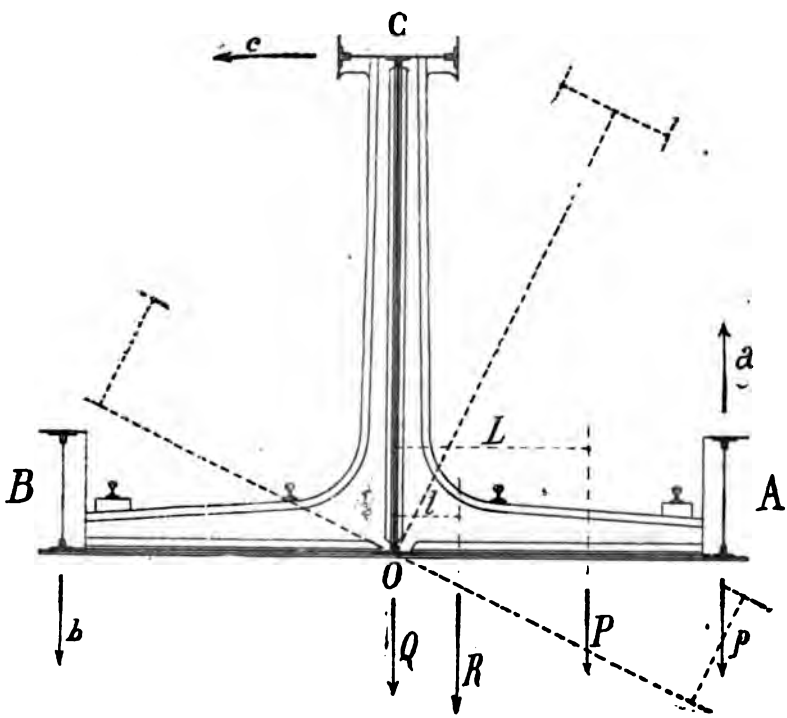
Les colonnes ne sont espacées que d'environ 15 mètres quand elles

peuvent être posées sur un terre-plein interdit aux voitures ; comme il en existe sur les boulevards extérieurs, le boulevard Richard-Lenoir, etc. Elles sont espacées de 40 à 50 mètres lorsqu'elles sont posées sur des chaussées où circulent les voitures.

L'élévation normale du tablier du viaduc est de 5 à 6 mètres au-dessus du sol ; mais elle est réduite à 4 mètres, ou portée jusqu'à 8, lorsqu'on peut le faire sans inconvénient. On peut ainsi racheter, dans une certaine limite, les irrégularités du sol et éviter les trop fortes pentes.

Les deux voies du viaduc sont séparées par une poutre centrale, à haute section et bordées par des poutres de rives. L'ensemble donne une section en forme de T renversé, dont la résistance aux divers efforts de rupture et de flexion, agissant verticalement ou horizontalement, apparaît au simple examen.

Les voitures circulant en porte à faux par rapport à l'axe vertical du système, il se produit une tendance au gauchissement qui atteint son



maximum quand la charge passe au milieu d'une portée ; mais d'un côté seulement. Il en résulte un effort de torsion qui tend à faire prendre

à l'ensemble une position inclinée indiquée par la figure 3. Mais, par la construction même, les trois poutres A, B, C, qui bordent le système, sont absolument solidaires. Il en résulte qu'un effort exercé en un point quelconque donne lieu à des réactions qui se reportent, avec des valeurs facilement calculables, sur les diverses parties de l'ensemble qui s'opposent à la torsion et que l'on peut dès lors construire en conséquence.

Le calcul des résistances et des flexions d'un viaduc ainsi constitué est assez complexe, si l'on veut obtenir des résultats rigoureusement précis. Je n'entrerai pas dans le détail de ces calculs, j'indiquerai seulement un moyen très simple à l'aide duquel on peut arriver à une approximation suffisamment approchée, si l'on n'a en vue que de se rendre compte des conditions de bonne construction dans lesquelles on peut se placer.

Le plus grand effort exercé dans le sens vertical, correspond au passage de deux couples de véhicules arrivant simultanément au milieu d'une portée : l'un sur une voie, l'autre sur l'autre. Dans ce cas, tout le système est en équilibre, il n'y a que des efforts verticaux qui se reportent principalement sur la poutre centrale ; les calculs ne présentent aucune difficulté, puisque l'on connaît le poids du viaduc et la plus grande charge en mouvement.

Quand il n'y a de charges que d'un seul côté, au milieu d'une portée : ce qui est le cas le plus défavorable par rapport aux efforts de torsion, on détermine les efforts transmis à chacune des poutres A, B, C au moyen d'une répartition assez simple :

Soit P la charge agissant sur l'une des voies : elle se répartit sur les appuis O et A de cette voie, en exerçant sur eux des efforts inversement proportionnels aux distances PO et PA, on a donc ainsi l'effort p qui seul tend à produire la torsion.

Cet effort exercé en A donnera lieu aux réactions a, b, c.

L'axe O peut être considéré comme suffisamment rigide, puisqu'il appartient à la poutre centrale et au tablier. La valeur dès efforts transmis aux poutres A, B, C, se déduirait de l'équation

$$p \times AO = a \times AO + b \times BO + c \times CO,$$

pour les travées à petite portée où l'on pourrait réduire la hauteur de la poutre centrale de manière à avoir :

$$AO = BO = CO,$$

et par suite :

$$a = b = c = \frac{p}{3},$$

mais, pour les travées à longues portées on ne peut plus procéder ainsi, parce qu'il faut éviter de donner aux poutres A et B une hauteur trop grande qui conduirait à une plus grande élévation du parquet des stations : ce qu'il faut éviter.

Il faut alors augmenter la hauteur de la poutre centrale, que l'on peut, sans inconvénient, faire égale à 2 ou 2 1/2 AO, et lui faire supporter, au besoin, en totalité, la réaction due à l'effort p.

Dans ce cas on rend, par construction, les trois poutres A, B, C suffisamment solidaires, par une liaison rigide sur plusieurs points de la longueur, et on a alors, en négligeant a et b :

$$c \times CO = p \times AO$$

d'où

$$c = \frac{p \times AO}{CO}.$$

Il va sans dire que dans la pose des rails il faut, comme toujours, tenir compte des légères flexions qui se produisent au passage d'un véhicule afin que la voie ne prenne jamais une inclinaison plus grande que celle qu'il convient de lui assigner.

Quant aux colonnes qui supportent les travées, elles sont soumises à des efforts de compression qui atteignent leur limite quand deux couples de voitures se rencontrent au-dessus d'une même colonne. Cet effort maximum est alors égal au poids total d'une travée, augmenté de celui des véhicules et il agit suivant une verticale passant par l'axe même de la colonne.

Lorsqu'un seul couple de voitures se trouve porté par une colonne quelconque, la charge totale supportée par celle-ci est moins grande que dans le cas précédent; mais la résultante de la charge mobile placée en porte à faux et du poids d'une travée ne passe plus par l'axe de la colonne.

Si P est le poids d'un couple de voitures agissant sur une seule voie, et Q le poids d'une travée, la résultante sera $R = P + Q$ et son point d'application se trouvera à une distance de l'axe l déterminée par l'équation :

$$Q\,l = P\,(L - l),$$

chemins aériens furent décidés. Les Parisiens peuvent-ils se montrer moins difficiles que les Américains !...

Et, à tant faire que d'imiter, pourquoi aller choisir ce qui ne se fait qu'à Londres, plutôt que ce qui se fait à New-York, à Philadelphie, à Rotterdam, à Berlin, etc.

M. Schaller, ne nous disait-il pas ici, à propos des projets de Vienne, que M. Fowler, le célèbre constructeur du Métropolitain de Londres, déclare franchement que, si aujourd'hui il avait encore à construire un chemin de fer métropolitain, il se servirait du système aérien, en raison des expériences qui ont été faites depuis à New-York et dans d'autres capitales de l'Europe.

Je suis donc, sans réserves, partisan des tramways aériens et c'est pour démontrer qu'ils offrent une solution facile et avantageuse à tous égards, que j'ai étudié le projet qui fait l'objet de cette communication.

Conditions à remplir. — La véritable solution consiste à établir un réseau de voies ferrées, dont les voitures sillonneraient la ville, autant que possible en tous sens, comme le font aujourd'hui les omnibus ; mais ayant sur ceux-ci l'avantage de pouvoir transporter plus rapidement un nombre de voyageurs beaucoup plus grand, et de ne point circuler sur la voie publique elle-même déjà trop encombrée d'autre part. C'est là surtout ce qui conviendrait le mieux pour répondre à tous les besoins de la circulation si active à l'intérieur de Paris.

Quant aux moyens ayant pour but de drainer, comme on l'a dit, la population, pour la transporter à certaines heures, hors de la ville elle-même, c'est l'affaire des lignes de chemin de fer qui rayonnent déjà dans beaucoup de directions, et des lignes de banlieue, dont le nombre pourrait certainement être augmenté avantageusement.

Le meilleur moyen de résoudre le problème ainsi posé consiste à établir les nouveaux moyens de transport dans des conditions telles que les véhicules se succèdent à des intervalles aussi rapprochés que possible, afin que les voyageurs n'aient, pour ainsi dire, jamais à attendre ; et de plus, à mettre en circulation un nombre suffisant de voitures, pour que l'on soit toujours assuré d'y trouver de la place.

Ces deux conditions jointes à la rapidité de la marche et à la modicité du prix, que l'on doit chercher à établir aussi bas que possible,

amèneront certainement une augmentation considérable du nombre des voyageurs actuellement transportés par les divers services de voitures. Il est bon d'ajouter que cette augmentation donnera surtout des *bons voyageurs*, c'est-à-dire ceux qui font de courts trajets; tandis qu'avec l'insuffisance actuelle des voitures et leur prix relativement élevé, on n'a guère à transporter que des *mauvais voyageurs*, c'est-à-dire ceux qui se résignent à payer cher ou à attendre longtemps pour parcourir un long trajet.

C'est en m'inspirant de ces considérations que j'ai cherché à résoudre le problème et je suis arrivé à cette conclusion que la meilleure solution devrait comporter un réseau de voies ferrées très développé, formé d'un grand nombre de lignes distinctes se croisant le plus souvent possible, dans des plans différents, et ayant des stations communes aux points de rencontre. Sur ce réseau circuleraient des voitures à cinquante places, se succédant de minute en minute quand cela serait nécessaire en temps normal. Aux jours de grande affluence, on doublerait au besoin le nombre des voitures et l'on aurait alors deux voitures accouplées contenant cent places, passant à chaque minute aux stations.

Capacité de transport. — Ces conditions permettraient de réaliser ce que l'on peut appeler le maximum de capacité de transport d'une voie ferrée dont les stations seraient très rapprochées et sur laquelle il y aurait un grand renouvellement de voyageurs. Avec des trains composés d'un plus grand nombre de voitures, les cohues de la foule seraient plus à redouter, les arrêts aux stations devraient être plus longs, les départs seraient moins fréquents et l'on obtiendrait un résultat final moins satisfaisant, sans augmenter sensiblement la véritable capacité de transport.

Avec deux voitures à cinquante places accouplées, se succédant de minute en minute dans chaque sens, on ferait circuler, sur chaque ligne, deux cents places par minute : soit douze mille par heure. En tenant compte des renouvellements favorisés par le bas prix et les diverses facilités du service, on pourrait compter, aux moments de grande activité, sur deux voyageurs transportés par place offerte et on atteindrait, dans cette hypothèse, le chiffre énorme de quatre cents voyageurs par minute : soit vingt-quatre mille par heure. C'est évidemment plus qu'il ne convient d'espérer.

la sanction d'une longue pratique : mais n'est-ce pas là le défaut commun à toutes choses, même aux meilleures, à leur début !

Rien pourtant de plus simple, de plus sûr et de plus économique que cette traction électrique, qui ne demande de tous côtés qu'à faire ses preuves.

Si on ne l'applique encore que timidement, c'est que, nouvelle venue, elle est trop jeune pour avoir fait ses preuves ; c'est qu'il faut du temps et de la persévérance à ses promoteurs pour triompher des obstacles qui barrent le chemin à toute innovation.

Et puis, quel est donc le moyen d'arriver à des résultats pratiques pouvant justifier d'une longue durée, si l'on rejette les nouvelles applications, précisément là où elles ont surtout leur raison d'être, sous prétexte que cela n'existe pas ailleurs depuis longtemps !

Il y a déjà quatre ans, alors que personne ne songeait encore à faire des chemins de fer électriques, j'avais tenté de faire une première application, en construisant un tramway électrique allant de la Porte-Maillot au Jardin zoologique d'acclimatation. Le directeur de cet établissement, M. Geoffroy Saint-Hilaire, assurait un trafic suffisant et tout se fût passé pour le mieux sans un *mais* que voici : on ne put obtenir de faire passer la voie ni dans le bois de Boulogne, ni sur l'avenue de Neuilly, ni sur le boulevard Maillot, ni même sur le fossé qui sépare le bois de ce boulevard !

Je pourrais citer d'autres exemples à peu près semblables. Espérons qu'il n'en sera pas toujours ainsi ; car nous n'aurons bientôt plus qu'à copier ce qui se fait ailleurs. Quand cette application de l'électricité à la traction aura reçu depuis longtemps le baptême de l'étranger, elle pourra se présenter de nouveau chez nous et y trouver ses droits de cité.

Déjà deux lignes de tramways électriques fonctionnent à Berlin, et une autre à Portrush, en Irlande ; on construit des chemins de fer électriques à Vienne, à Wiesbaden, à Turin, à Milan, dans le pays de Galles, à Londres, à Zandwoort, en Hollande, aux mines de Zankeroda, en Saxe, et peut-être encore ailleurs ; les Américains vont incessamment exploiter une ligne de 60 kilomètres et une autre de près de 2 kilomètres dans le Missouri : notre tour ne peut donc manquer de venir bientôt.

Pour les personnes qui conserveraient des doutes sur les résultats et sur la puissance que l'on peut atteindre avec l'électricité, je ferai

remarquer qu'à la récente exposition d'électricité figuraient des moteurs qui ont fait leurs preuves : le tramway de la maison Siemens et la locomotive de M. Félix dont la puissance utile était de 12 chevaux-vapeur, auraient pu convenir pour la traction dont il s'agit. La grande machine d'Edison avec son moteur de 135 chevaux ne peut pas être assimilée à un joujou, et pourtant le dernier mot n'est pas dit à ce sujet ; de remarquables progrès ont déjà été réalisés depuis cette exposition, bien qu'elle ne date que de quelques mois.

Nous savons aujourd'hui, ce que l'on pouvait en quelque sorte prévoir par analogie avec les autres moteurs connus, que les machines électriques donnent de meilleurs résultats pratiques quand leur puissance augmente : absolument comme les machines à vapeur. Nos premières applications réalisées avec des machines de 2 et de 4 chevaux, donnaient déjà des résultats satisfaisants ; celles de 100 chevaux et plus, quand les circonstances voudront qu'on dépasse cette limite, en donneront certainement de meilleurs encore.

Donc, sous le rapport de l'emploi de l'électricité comme moyen de traction, nul doute possible pour ceux qui ont étudié la question.

Prix des places. — Le prix de revient du transport des voyageurs se compose, comme toujours, de deux éléments : d'une part, l'intérêt et l'amortissement du capital engagé ; d'autre part, les dépenses d'exploitation.

Le premier de ces éléments varie peu avec l'importance du trafic ; tandis que le second, au contraire, lui est intimement lié. Quand le trafic est faible, les dépenses d'établissement grèvent lourdement les prix de revient : quand, au contraire, il est très élevé, ce sont les dépenses d'exploitation qui dominent.

C'est en tenant compte, dans une proportion convenable, de ces deux éléments, que j'ai indiqué, comme étant très rémunérateur, le prix de 10 centimes par place sur une ligne de 5 à 6 kilomètres, qui transporterait une moyenne de 60 à 80,000 voyageurs par jour.

Évidemment le prix de revient du transport doit varier suivant les lignes exploitées, puisque les dépenses d'établissement restant sensiblement constantes, le nombre des voyageurs transportés peut varier beaucoup. Mais, afin d'adopter un prix uniforme de compensation entre les diverses lignes, le prix des places pourrait être fixé à 15 cen-

times par voyageur. Dans ces conditions, on pourrait créer un réseau de voies aériennes très étendu donnant de bons résultats économiques : les lignes en perte trouvant une compensation dans les lignes à bénéfices élevés.

Dépenses de premier établissement. — Les dépenses de premier établissement n'offrent rien d'aléatoire et les estimations peuvent être faites d'après des devis dont les éléments sont bien connus.

L'ensemble des dépenses pour la construction du viaduc et des stations est d'un million par kilomètre, quand les portées ne sont que de 15 mètres. Elles atteignent un million et demi quand ces portées sont de 50 mètres.

La dépense nécessitée pour l'usine de force motrice, les machines et conducteurs électriques, le matériel roulant, etc., est d'environ 250,000 francs par kilomètre ; étant données des lignes d'une certaine étendue.

Frais d'exploitation. — Les dépenses d'exploitation sont faciles à évaluer. Le personnel représente la partie la plus importante des dépenses : il dépend surtout du nombre des stations et du nombre de voitures mises en circulation.

Quant à la force motrice, elle serait fournie par des machines à vapeur d'au moins 100 chevaux qui la produiraient économiquement. En évaluant à 50 pour 100 la perte de travail due à l'électricité ; cette partie de la dépense peut s'estimer assez exactement. Son importance est du reste assez secondaire, puisqu'elle ne s'élève pas au delà de 3 à 4 centimes par voiture et par kilomètre.

Objections. — Quelques objections ont été faites assez souvent au système qui vient d'être exposé pour que je croie devoir en dire quelques mots ; ce sont les suivantes :

1° Des colonnes placées au milieu même de la chaussée n'apporteront-elles pas une entrave à la circulation ?

Quelle que soit ma conviction à ce sujet, j'avoue que je me serais trouvé embarrassé pour répondre à cette question si des essais, qui remontent déjà à plus de deux ans et qui sont passés à l'état de chose acquise, ne venaient enlever tous les doutes sur ce point.

Chacun sait, en effet, que sur les grands boulevards et sur beaucoup d'autres points de Paris, aux endroits les plus encombrés surtout, l'administration a fait placer des refuges de distance en distance, dans le seul but de régulariser la circulation des voitures et de faciliter la traversée des piétons. Ces refuges qui, sur beaucoup de points, ne sont distants les uns des autres que de 25 mètres seulement, rendent de réels services. Il est constaté que les accidents ont diminué depuis leur installation, et que les encombrements de voitures sont devenus moins fréquents et de moindre durée.

Les colonnes des viaducs projetés ne prendront pas plus de place sur les chaussées que les refuges dont il s'agit, et leurs effets seront conséquemment les mêmes.

2° Des voies aériennes peuvent-elles offrir toute la solidité désirable et n'y a-t-il rien à craindre pour la sécurité des passants?

Ce n'est pas devant une société d'ingénieurs que je développerai la réponse qu'il convient de faire à une telle objection. La solidité peut, incontestablement, être obtenue aussi grande qu'on le voudra : il n'y a à cela aucune difficulté, pas même une bien grande question de dépense pour l'assurer en grand excès.

Quant à la sécurité des personnes et aux risques de déraillements, on doit reconnaître que l'exécution des voies peut être faite avec les plus grands soins, comme cela est toujours facile dans les constructions métalliques, et que la disposition même qui a été adoptée donne toute la sécurité désirable.

3° L'aspect de constructions de ce genre sera-t-il digne de notre capitale?

Ici se présente une question d'esthétique sur laquelle il faut renoncer à satisfaire tout le monde; rien n'échappe à la critique. Le mode de construction que j'ai projeté a ses partisans enthousiastes comme il a ses détracteurs convaincus, tous de bonne foi; parmi les uns comme parmi les autres, il se trouve des personnes également compétentes pour juger avec autorité.

Sans vouloir heurter les idées de personne sur ce sujet, je dirai cependant qu'il est toujours téméraire de juger, au point de vue de l'art, une chose qui n'a pas encore été réalisée. Les constructions projetées fourniraient à nos artistes contemporains une magnifique occasion de

s'exercer dans un style nouveau appelé à caractériser le génie de notre époque qui, elle aussi, doit laisser ses souvenirs.

On dit trop souvent qu'un viaduc au milieu d'une avenue en gâterait la perspective. La perspective est assurément une belle chose; mais, à force d'en mettre partout, elle devient banale, et on n'y fait plus attention; un peu de variété romprait heureusement la monotonie. Qu'on ne touche pas à certains boulevards, où cette perspective est particulièrement heureuse, où des monuments remarquables ne doivent point être masqués, si peu que ce soit : très bien; mais, en dehors de là, il y a cent endroits à Paris où ces considérations n'existent pas; là du moins on ne saurait raisonnablement sacrifier l'utile à de prétendues raisons d'esthétique.

Conclusion. — Le système de tramways aériens électriques qui vient d'être exposé a pour caractères essentiels :

1° D'être un moyen de locomotion dont la puissance ne le cède en rien à aucune des lignes de chemins de fer existantes;

2° De répondre mieux qu'aucun autre aux exigences de la circulation parisienne par la succession fréquente de voitures à marche rapide où la place ne fait pas défaut;

3° D'être un moyen à la fois agréable et économique;

4° D'être immédiatement applicable sur un très grand nombre de voies existantes très fréquentées;

5° Qu'enfin, l'offre faite à la Ville de réaliser une première application sur les boulevards Voltaire, Magenta, Richard-Lenoir et de la Contrescarpe, ne comporte absolument aucune sorte de subvention, pas même sous la forme de terrains concédés; que la Ville, au contraire, en retirerait un certain profit direct, sous forme de redevance perçue.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE MAI 1882

Séance du 5 Mai 1882.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE TRÉLAT.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 14 avril est adopté.

M. LE PRÉSIDENT annonce le décès de M. Capuccino, ingénieur à Turin, et celui de M. Salvetat, notre ancien Président, professeur à l'École centrale, membre de la Société d'encouragement, ancien chimiste de la manufacture de Sèvres.

Vous savez tous, ajoute M. le Président, quels sont ses travaux, ses études, son livre : tout cela sera relaté et apprécié.

Je suis heureux de vous annoncer que M. Rouit, ingénieur de la Compagnie du chemin de fer du Médoc, vient d'être nommé chevalier de la Légion d'honneur.

J'ai aussi à vous signaler la nomination de MM. Lavalley et Molinos, nos anciens présidents, comme membres de la Commission, qui vient d'être instituée pour étudier les projets d'une mer intérieure dans le Sahara Tunisien et Algérien.

M. DE COENE a la parole pour sa communication sur la Seine fluviale et maritime.

Lorsque l'on examine la carte de l'Europe et que l'on veut se rendre compte de la direction que doivent prendre les échanges entre l'Amérique et la partie la plus riche, la plus industrieuse, la plus vivante de l'Europe, la France se présente comme la voie la plus directe pour ces échanges.

Aussi est-on étonné de voir cette ligne de communication si mal outillée, des ports si imparfaits, des canaux si mal creusés, si mal alimentés; la Seine, à peu près à l'état de nature dans la partie fluviale; l'estuaire qui présente l'aspect du chaos.

On ne s'explique pas qu'en ce temps de creusement de Suez, de Panama, de ce progrès universel, on ait laissé les choses en un pareil état pendant de si longues années, tandis que l'Angleterre, isolée par sa position insulaire, a su armer tous ses ports d'un outillage des plus perfectionnés. Mais il faut bien le dire, c'est l'industrie privée qui a été appelée à résoudre ces questions et elles l'ont été rapidement et bien.

Il est vrai, que depuis quelques années on paraît vouloir s'occuper de cette question, mais d'une façon si timide, que j'ai cru devoir appeler l'attention de notre Société sur cette situation que la prépondérance que la France doit conserver dans le monde nous oblige à changer, si nous ne voulons voir le concert d'échanges s'éloigner de nous, et aller se faire dans les ports ou l'on sait donner aux transports le moyen de s'effectuer avec économie et rapidité.

Tandis que nous nous attardons, Amsterdam, Rotterdam, Anvers perfectionnent leurs ports et donnent à la marine transatlantique les moyens économiques que nous lui refusons; tandis qu'Amsterdam dépense 160 millions, qu'il se prépare à en dépenser 50 autres; qu'Anvers a dépensé déjà 40 millions, qu'il est en train d'en dépenser 100 autres encore, nous cherchons dans nos budgets si nous pouvons trouver quelques millions pour conserver notre situation économique en créant des ports de commerce, en perfectionnant cette magnifique voie maritime, la Seine qui, si elle était outillée comme elle pourrait l'être et comme elle devrait l'être, pourrait lutter avec tant de facilité contre nos rivaux étrangers.

Depuis 1806, on fait des projets sur la Seine pour la rendre capable de recevoir les grands navires.

Voilà trente années que l'on a commencé ces perfectionnements et lorsque l'on propose de les achever on ne rencontre que dédain.

La Seine conduit cependant à la capitale du pays. Cette ville incomparable, de plus de 2 millions d'habitants, la plus riche, la plus industrieuse, la plus grande de l'Europe.

On refuse parcimonieusement à la Seine les quelques millions nécessaires pour la perfectionner; et pendant que les Anglais ont creusé la Clyde et fait de Glascow un des ports les plus importants du monde, que pour Liverpool ils ont dépensé près d'un milliard et demi, on hésite à engager les 150 à 200 millions nécessaires pour faire du port du Havre, de la Seine maritime, du port de Rouen la plus merveilleuse station maritime qui puisse exister géographiquement dans toute l'Europe, et pour l'exécution de laquelle la nature a tant fait.

C'est pour réagir contre cette abstention inexplicable que je viens porter la cause de la Seine devant la Société des Ingénieurs civils et appeler

une discussion qui, je l'espère, aura assez de retentissement pour frapper l'attention des pouvoirs publics et faire sortir enfin la question de l'impasse où elle est engagée.

Mon étude se divise en quatre parties :

La Seine fluviale de Paris à Rouen ;
La Seine maritime de Rouen au Havre ;
Le port de Rouen ;
La rade du Havre et l'estuaire de la Seine.

Le profil en long de la Seine fluviale, de Paris à Rouen, montre qu'un jour qui ne sera pas très loin, les bateaux de 3m,20 pourront arriver à Paris venant de la mer, soit qu'ils soient chargés à Rouen, soit qu'ils soient chargés au Havre.

Je ne crois pas utile de vous donner le détail de ces travaux que les plans que je mets sous vos yeux suffisent à montrer, mais pour une voie de communication aussi importante, n'y aurait-il pas lieu de doubler les écluses pour avoir une double voie au passage des barrages, ne serait-il pas utile de les éclairer à l'électricité, ne serait-il pas indispensable de les ouvrir mécaniquement, de hâler les bâteaux par des cabestans mis en mouvement par la chute dont on dispose aux barrages.

Ces travaux aussi importants, ne devraient-ils pas enfin se compléter par l'utilisation de ces 30,000 chevaux qui s'écoulent vers la mer sans utilité et qui suffiraient à mettre en mouvement une force supérieure aux machines à vapeur de la moitié de notre pays.

Ces quelques observations mises en tête de mon étude, je passe à l'examen de la seconde fraction de la Seine

LA SEINE MARITIME.

Vous avez entendu, il y a quelques jours, un ingénieur distingué qui a proposé d'amener les vaisseaux de mer jusqu'à Poissy, vous dire les merveilleuses aptitudes de ce fleuve admirable, à pente faible, toujours bien alimenté, qui n'a pas d'alluvion de Rouen à la mer, dans lequel le flot monte avec une si merveilleuse facilité jusqu'à Rouen, en apportant par le simple courant de flot à une distance de 125 kilomètres des navires calant 6 mètres et même 6m,50, et jaugeant 2,000 et 2,500 tonneaux.

Ce port intérieur si peu connu du monde, qui, en 1875, recevait rarement des navires de 2 à 300 tonneaux, qui, ne faisait annuellement que 400,000 tonnes de marchandises et qui, tout à coup, en 1880, a vu s'élever son tonnage à 1,500,000 tonneaux dépassant tous les autres ports français à l'exception de Marseille, du Havre et de Bordeaux, est devenu le quatrième port de France comme tonnage, l'entrepôt de Paris, le port de la capitale de France.

Comment ces résultats ont-ils été obtenus?

Par des digues longitudinales ayant coûté 8 millions et ayant servi à la reprise pour l'agriculture de surfaces de terrains ayant une valeur de plus de 20 millions.

Merveilleux résultat combattu pendant quarante ans, et qui fait la gloire et le mérite des ingénieurs qui l'ont conçu.

Mais des résultats suffisants il y a vingt ans, ne suffisent plus aujourd'hui; les navires se sont agrandis, les navires calant 6, 7, et 8, mètres portant 2 à 4 et 5,000 tonnes, fréquentent les ports étrangers et l'on veut amener à Rouen ces navires nouveaux venant de toutes les parties du monde amenant à quelques heures de Paris, les marchandises destinées à ce grand marché continental.

Voilà la solution que veut obtenir M. Vauthier, l'auteur de la brochure sur laquelle je viens appeler la discussion et, s'il est possible, attirer l'attention du monde officiel sur cette question. Je dis avec intention le monde officiel, car si nous étions dans un autre pays, si même nous étions dans un temps où on a laissé le grand Riquet faire son canal du Midi, l'industrie privée ne demanderait rien à personne et exécuterait elle-même une œuvre qui doit avoir de si heureuses conséquences pour le développement de la richesse publique.

Mais avant d'entrer dans l'examen du travail si complet, si intéressant de M. Vauthier, permettez-moi de mettre sous vos yeux ce que l'on a déjà fait dans la Seine.

Il y avait autrefois dans la Seine maritime des marais à travers lesquels le courant de la Seine se dirigeait tantôt à droite, tantôt à gauche; la Seine était dangereuse alors pour la navigation, et il fallait à chaque instant changer la direction des navires. Eh bien, à la place de ces plaines dévastées par le flot, le flot lui-même a formé de magnifiques prairies. Les terres conquises ont une surface de plus de 15,000 hectares qui ont été rendus à l'agriculture et ont une valeur de 20 millions, double de celle qui a servi à construire les digues, qui, il faut bien le dire, ont été construites avec une simplicité admirable. Il est nécessaire de vous expliquer comment ces travaux ont été exécutés.

Sur l'alignement que les digues devaient occuper on a déchargé des pierres extraites des carrières qui bordent la Seine formant un bourrelet à une hauteur inférieure aux marées. Cette digue qui était recouverte à chaque marée par les eaux limoneuses du fleuve apportées par le courant du flot.

Ces eaux limoneuses emplissaient l'espace derrière les digues, l'eau en repos se décantait et, en se retirant, laissait à chaque marée une couche de sédiment.

En élevant successivement les digues, les terrains se sont formés et ont constitué ces prairies qui ne sont plus recouvertes maintenant que par les hautes mers de vive eau, les eaux s'écoulant vers la mer ont creusé ce ma-

gnifique chenal que vous voyez, et dont la profondeur n'a été limitée que par la résistance du fond.

Nous verrons plus tard ce que l'on veut faire pour augmenter les résultats déjà obtenus et agrandir cette conquête si belle en abaissant le fond du thalwey de la Seine pour permettre aux navires de plus en plus grands d'entrer en Seine.

Vous voyez d'ailleurs par le profil que je vous soumets que, par des dragages de peu d'importance, on arrivera à faire un chenal susceptible de recevoir des navires de $7^m,30$ en morte eau et de $8^m,50$ en vive eau.

Le port de Rouen devient alors le port le plus beau, le plus économique qui existe en France aux portes de Paris, dont il deviendra l'entrepôt naturel en attendant, comme nous le promet M. de la Grye, que l'on creuse la Seine jusqu'à Poissy, pour y faire arriver les grands navires.

Mais cette entreprise ne pourra se faire que par une dépense de plusieurs centaines de millions, tandis que le perfectionnement de la Seine, tel que le propose M. Vauthier, ne coûtera que 25 millions payés en grande partie par les terrains conquis.

Vous voyez, Messieurs, les merveilleux résultats obtenus par la construction des digues longitudinales qui ont été établies sur une longueur de 40 kilomètres et qui sont indiquées sur le plan général que je mets sous vos yeux.

C'est sur les résultats obtenus, sur l'autorité d'ingénieurs ayant étudié la Seine depuis longtemps que M. Vauthier s'appuie et propose de terminer les travaux de la Seine maritime.

Dans la première partie de son rapport, M. Vauthier montre que, en dehors de l'estuaire, il existe dix seuils dont la drague peut avoir facilement raison.

Toute la difficulté réside dans la régularisation de l'estuaire. C'est là que les efforts doivent se porter.

M. Vauthier pose ensuite son programme : obtenir $7^m,30$ en marée de morte eau et $8^m,50$ en marée de vive eau.

Il examine ensuite les conséquences qu'auraient sur le régime de la Seine maritime les travaux jugés nécessaires pour en augmenter le mouillage.

Il indique que sur les ports en rivière, les différences de hauteur qui existent dans les marées, à l'embouchure et dans les ports sont d'autant plus faibles que les ports sont plus marins, c'est-à-dire que ceux où le flot remonte le plus haut, sont ceux où les obstacles sont les moins grands,

TABLEAU DES PORTS.

NOM du PORT.	NOM du FLEUVE.	DISTANCE du port A LA MER.	OSCILLATION d'une marée de vives eaux ordinaires.		DISTANCE à l'amont soumise à l'action DES MARÉES.
			à l'embouchure.	devant le port.	
Londres...	Tamise.....	78k	5.00	6.30	32k
Liverpool..	Mersey.....	20	9.30	9.30	30
Dublin....	Liffey.....	10	3.90	3.90	inconnu.
Glascow...	Clyde.....	40	3.00	2.70	nulle.
Newcastle .	Tyne.....	17	4.40	4.50	13
Anvers....	Escaut.....	98	4.50	4.25	104
Bordeaux..	Gironde et Garonne.	95	4.85	4.50	54
Nantes....	Loire.....	58	4.75	2.20	13
Rouen....	Seine.....	125	7.20	2.00	26

Il signale tout particulièrement ce fait remarquable de la marée montant à une plus grande hauteur au pont de Londres qu'à l'embouchure, et il montre que, plus la navigation est facile, moins la différence est grande entre la marée à l'embouchure et la marée au port intérieur.

Il montre ensuite que, par le creusement, l'eau, entrée en Seine, ayant un plus grand volume, le jusant aura plus d'action, il en conclut que le creusement rendra le fleuve plus marin; mais aussi il en déduit que l'abaissement à basse mer sera plus grand.

M. Vauthier termine ce chapitre en disant que la fin des travaux dépend de l'estuaire de la Seine.

Mais cet estuaire, que faut-il faire? que faut-il prévoir? C'est là que se présente la difficulté du problème visé.

Mais, avant d'aborder cette discussion, disons que la Seine a un caractère spécial; elle diffère des fleuves français, la Loire, le Rhône, la Garonne, il n'y a pas d'apports fluviaux, tous les apports qui se font dans l'estuaire sont les détritus arrachés aux côtes du Calvados et, chose particulière, ils viennent tous du côté sud de la baie; il ne vient rien du nord.

La grande discussion repose sur ceci :

Les uns prétendent que les vases marines, si elles ne sont pas laissées à leur direction, viendront ensabler le port du Havre; les autres, et nous sommes de ce nombre, prétendent que la régularisation du courant de la Seine est nécessaire pour porter dans les grands fonds de la mer les matériaux enlevés des côtes, cet entraînement chassant toute crainte contre l'ensablement des côtes; cette opinion semble confirmée par l'expérience.

A l'appui de cette opinion, nous dirons que plusieurs auteurs, Benjamin

de Gaul, Bonniceau, Alfred Quesnel, ancien vice-président de la Chambre de commerce et d'autres encore, prétendent qu'une digue devant le Havre, sur les hauts de la rade, est le plus sûr moyen de prévenir ces ensablements.

M. Vauthier donne ensuite le volume de l'eau refoulée par le flot, et qui s'élève dans les marées de vive eau, a 84,000,000 de mètres cubes, qui ajoutés aux eaux douces, forment un énorme volume qui creuse le chenal. Cette quantité s'est augmentée par le creusement opéré par les digues, et plus ce creusement ira en s'augmentant, plus la chasse sera grande; donc il faut approfondir le chenal.

Puis, il passe à l'examen des seuils à enlever et qui sont indiqués sur le profil en long que je vous soumets.

Ces creusements seront faciles. Peut-être qu'au banc des flaques, on trouvera des roches, mais rien ne peut faire supposer que l'on rencontre de grandes difficultés.

LA BAIE DE SEINE.

M. Vauthier en donne la description par cinq cartes qui montrent bien l'état de la baie. Ces cartes, faites avant et après l'endiguement, indiquent les allures du chenal de la baie. — Une carte spéciale indique les divers chenaux à diverses époques depuis 1874.

M. Vauthier donne la profondeur des chenaux aux diverses époques, montre l'effet produit par les digues sur le régime des fonds de la baie, où y a plus d'eau aujourd'hui qu'autrefois, il en conclut ainsi :

Les travaux d'endiguement de la Seine n'ont donc pas compromis la partie ouest de la baie et les approches du Havre, — loin de s'attérir cette partie se dégage, — le fleuve se creuse au large du méridien du Hoc.

En résumé, dit M. Vauthier, les travaux de la Seine ont exercé une influence favorable sur le régime de la baie, et ce qui reste à désirer c'est que la force du jusant s'augmente pour repousser dans les eaux profondes les attérissements de la baie.

M. Vauthier critique la direction des digues, et il demande à les modifier.

Les digues plus larges doivent donner une direction meilleure au chenal principal de l'estuaire.

M. Vauthier donne ensuite les dispositions propres à faciliter la pénétration en Seine des eaux de la marée. Il demande d'amplifier la largeur des digues actuelles. *Il propose ensuite les mesures complémentaires à prendre à cet égard.*

Il estime enfin que la dépense totale pour terminer l'endiguement est de 25,000,000.

Diminuée de la reprise des terrains à conquérir, évalués 15,000,000.

Il faudra 10,000,000 pour le travail entier.

LE PORT DE ROUEN.

Pour la navigation qui fréquente la Seine et qui aboutit au port de Rouen, il était nécessaire de créer un établissement maritime capable de recevoir les navires. Jusqu'à 1878, les navires pouvaient être déchargés sur les anciens quais, mais lorsque le tonnage vint à augmenter il fut nécessaire de donner aux navires des moyens de déchargement.

Il n'existait au port de Rouen que 1,600 mètres de quais pour décharger 1,500,000 tonnes de marchandises, soit près de 1,000 tonnes par mètre, lorsque dans les ports largement outillés, comme Liverpool, on compte seulement 250 tonnes par mètre de quai. Ce travail a été fait cependant grâce à la facilité des transbordements des marchandises dans les bateaux de rivière; de telle sorte que l'on pouvait dire que les quais étaient triplés, en ce sens que certains navires transbordaient directement dans les péniches et que d'autres transbordaient en même temps sur les bateaux de rivière et sur les wagons de chemin de fer.

Cette manutention était d'ailleurs singulièrement aidée par l'emploi d'appareils mécaniques, grues fixes, grues mobiles à vapeur, et surtout de pontons-grues, dont la disposition doit être particulièrement recommandée.

Ces pontons se composent d'une coque en tôle qui porte une grue de trois tonnes.

Ces engins, qui sont d'une mobilité complète, peuvent se transporter d'un navire à l'autre, à tel point qu'on peut en mettre trois ou quatre au déchargement du même navire; ils présentent toutes les qualités que doivent avoir les appareils d'un port de mer où l'on doit pouvoir transporter très rapidement, d'un point à un autre, les appareils de déchargement qui autrement se trouvent très fréquemment immobilisés, quand le navire déchargé est encore à quai et attend un fret de retour, ou est retenu au port pour diverses raisons.

Les facilités offertes au commerce maritime à Rouen par la rapidité extraordinaire des déchargements, est telle que l'on peut dire sans crainte qu'elle n'est égalée nulle part, tout en joignant une économie énorme comme prix de manutention. Ces conditions sont aidées par ce fait que, jusqu'à présent, le port de Rouen n'a été absolument qu'un port de transit, c'est une véritable gare de chemin de fer très perfectionnée où les marchandises ne séjournent pas; mais cette situation du port de Rouen va changer, déjà quelques lignes régulières immobilisent une certaine longueur de place à quai.

D'un autre côté l'évolution qui se produit dans les ports de commerce commence à se faire sentir, Rouen devient un entrepôt de marchandises; or cette situation nouvelle immobilise aussi une certaine longueur de quai,

car les marchandises à entreposer demandent plus de temps pour être évacuées que les marchandises de simple transit.

D'un autre côté les navires venant en plus grand nombre à Rouen, il va être nécessaire de disposer des appareils et des cales de radoubs qui vont immobiliser à leur tour une certaine longueur de quai. Il va donc falloir à Rouen se rapprocher peu à peu des dispositions des grands ports anglais, c'est-à-dire donner aux marchandises un mètre de quai par 250 tonnes d'arrivage, ce qui, pour 1,500,000 tonnes, représente 6,000 mètres de quais.

Il n'est pas douteux que par suite de l'amélioration de la haute Seine, qui va permettre aux bateaux de rivière de faire des transports à un bon marché excessif, et en raison de la position centrale du port de Rouen, que les chemins de fer de l'État, du Nord, de l'Ouest, mettent en relation avec le Nord de la France, le Centre, l'Est et Paris, Rouen va enfin être le port maritime le plus près du centre de l'Europe, et il va avoir besoin d'augmentation.

Nous comptons donc pour ces diverses raisons devoir prévoir un minimum de 8,000 mètres courants de quais. Or, un pareil développement exige des dispositions particulières sur lesquelles je vous prie de me permettre d'appeler votre attention.

Il faut dans un port prévoir l'avenir et d'après l'expérience que nous avons, nous pouvons voir combien on est gêné dans ceux où les travaux n'ont pas été faits dans ces conditions. Il suffit d'examiner le plan général du Havre pour voir combien on doit regretter de n'avoir pas prévu sur une large échelle les extensions futures, car à chaque instant on est obligé de démolir des travaux récents et les travaux faits à quelques années d'intervalle, sont encore à modifier faute de n'avoir pas établi un large projet d'ensemble. C'est donc sur ce principe que nous avons étudié un projet de port contenant toutes les exigences d'un avenir assez étendu.

Il y a une particularité qui se produit à l'égard du port de Rouen et dont il est important de tenir compte.

D'après les prévisions exposées dans le rapport de M. Vauthier, les différences de hauteur entre la basse mer et la haute mer doivent s'accuser de plus en plus au fur et à mesure que le fleuve deviendra plus marin. Or il se pose une question grave. Doit-on faire des bassins fermés à écluse, ou doit-on faire des bassins ouverts ?

Vous savez qu'à Anvers, sur l'Escaut, nos collègues MM. Hersent et Couvreux exécutent pour la ville des quais qui sont soumis à la marée ; c'est-à-dire que, placés là, les navires s'élèvent de toute l'amplitude de la marée, à chaque instant les conditions du chargement sont changées à cause de l'élévation ou de l'abaissement du navire, mais le navire a ainsi l'avantage de pouvoir se mettre en déchargement aussitôt arrivé au port. Il gagne par ce fait un temps souvent précieux qu'il peut perdre en attendant l'ouverture des portes de l'écluse. Il y a là incontestablement un avantage particulier sur les ports à écluse, au point de vue de l'exploitation.

Mais d'un autre côté les dépenses de construction du port sont singuliè-

rement aggravées. Ainsi vous savez qu'à Anvers en raison de l'amplitude des marées, il a fallu fonder les murs de quais à une énorme profondeur, cette fondation entraîne à de telles dépenses que le mètre courant des quais d'Anvers coûte 10 à 12,000 fr. ce qui représente une dépense de 35 à 40 millions pour 3,500 mètres.

A Rouen, pour 5,000 mètres de quais, en supposant seulement une dépense de 8,000 francs par mètre, on arrive à un chiffre de 40 millions.

Avec des écluses, au contraire, les dépenses se trouvent réduites de beaucoup.

Dans des bassins à écluse, le prix du mètre courant revient à 3,000 francs si on ajoute à la construction des quais la dépense à faire pour deux écluses estimées 3 millions, on aura 5.000 mètres de quais pour 20 millions environ. Différence en moins 20 millions.

Cette somme représente à 5 pour 100 un intérêt de 1 million par an. Or il est facile de voir que les facilités offertes à la navigation pour les 8,000 mètres de quais du port de Rouen, représentent une économie de 25 centimes sur les 4 millions de tonnes que le port de Rouen peut recevoir.

Pour un navire de 2,000 tonnes, cela représente 500 francs. Or, il est certain que le temps gagné par les navires représente une somme supérieure à 500 francs par jour, car on perd bien vite une journée lorsqu'il faut attendre l'ouverture ou la fermeture des portes d'écluses. Nous pensons donc qu'il y a intérêt à faire des quais accessibles à toute heure.

Si on a soin de comprendre dans le projet du port de Rouen un ensemble d'appareils et de cales de radoubs indispensables pour la réparation des navires arrivant au port, un système général d'appareils de déchargement perfectionné, on possédera aux portes de Paris un port intérieur de premier ordre qui deviendra l'entrepôt général du commerce parisien.

LA RADE DU HAVRE

Lorsque l'on examine la Manche depuis Barfleur jusqu'au Pas-de-Calais, on remarque que du côté de l'Angleterre, la côte est en ligne droite, que du côté de la France la baie de Seine forme une grande dépression intérieure dans laquelle s'échappe la Seine et où se trouve le Havre.

Si la Manche était fermée du côté de Barfleur et que la communication fût seule établie du côté du Pas-de-Calais, les hauteurs des marées, dans la Manche, seraient très faibles, mais à cause des deux ouvertures, la marée se fait sentir. Du côté de Barfleur les marées s'élèvent à une grande hauteur, du côté de Calais cette hauteur est également considérable, et ces deux hauteurs forment des courants de flot qui s'écoulent avec une grande rapidité dans les deux grands chenaux de la Manche.

Or ces deux courants, en raison des distances d'ouverture, viennent se réunir aux abords de la baie de Somme. Mais à côté de ces deux cou-

rants il vient s'en produire un autre dans la baie de Seine, le courant de flot suit la côte anglaise presque en ligne directe, il suit aussi le thalweg de la Manche où sont les grandes profondeurs. Or le premier courant qui vient de Barfleur est celui qui se manifeste vers la baie de Seine; mais, quelque temps après les courants du thalweg viennent se déverser sur la baie de Seine. Ces courants supplémentaires venant de la haute mer forment un courant appelé le courant verhaul. C'est à cette superposition des courants qu'est due sans doute cette particularité remarquable des ports de la baie d'avoir une étale de haute mer de une heure et demie.

Si on examine la configuration des côtes qui avoisinent le Havre, on trouve à 2 kilomètres environ de ces côtes des hauts fonds désignés sous le nom de hauts de la rade, sur lesquels il n'y a que 50 à 60 centimètres d'eau à mer basse de vive eau. Il s'effectue par le courant de verhaul un balayage devant la passe du Havre, et c'est à ce balayage que sont dues les profondeurs observées dans la petite rade.

M. Bert, du Havre, mettant à profit les observations recueillies dans les autres pays, se range tout à fait à l'opinion de l'ingénieur de Gaul, qui, en 1806, proposait de relever les hauts de la rade, pour forcer le courant resserré entre la digue et la côte, à creuser la passe principale du Havre et à permettre aux navires d'entrer avec facilité dans le port.

Au Havre, dans les grands vents du nord-ouest, les lames franchissent les hauts de la rade, abordent la petite rade et, à peine diminuées par les hauts de la rade, viennent déferler sur les jetées et, malgré les brise-lames des jetées, ont encore une très grande agitation dans le port.

M. Bert prétend que si on élève les hauts de la rade, les lames seront arrêtées par cette digue et le port du Havre sera protégé. On aura créé devant le port une immense rade de 4,500 mètres de longueur et de 2,200 mètres de largeur, absolument abritée et capable de recevoir les plus grandes flottes. La rade aura 2,000 hectares, tandis que celle de Cherbourg n'a que 1,200 hectares.

Il complète son installation par la construction d'un grand appontement accessible par un viaduc en fer qui amènera les wagons qui prendront les marchandises débarquées des navires placés le long des appontements, les marchandises pourront être ensuite conduites dans les gares du chemin de fer et dans les docks de la ville, donnant ainsi à la manutention des marchandises une très grande rapidité et au port du Havre des avantages certains.

M. Bert s'occupe de la construction de la digue; il la suppose construite avec des pierres prises à la côte du Roule à Cherbourg. Je crois qu'il y aurait lieu de remplacer les pierres sur la face de la digue exposée à la mer, par des blocs en ciment, derrière cette défense de la digue on coulerait ensuite des matériaux de plus faibles dimensions.

Sur cette digue on pourrait placer des ouvrages militaires qui serviraient à la défense du Havre, mais là ne serait pas, d'après M. Bert, le seul avan-

tage de cette digue qui, en amortissant le mouvement des vagues aurait pour effet d'empêcher la mer de se précipiter avec autant de force dans l'embouchure de la Seine. Cette digue aurait encore pour effet de permettre l'amélioration de l'entrée de la Seine qui ne serait plus exposée aux rafales du nord-ouest qui sont les plus dangereuses au point de vue du trouble que les tempêtes apportent au chenal de la baie.

La digue en question aurait encore un autre avantage, c'est de permettre aux bateaux de la Seine d'arriver au Havre sans emprunter le canal de Tancarville qui n'aurait plus d'utilité, car remarquez-le, Messieurs, le canal de Tancarville, qui a soulevé de si vives discussions devant la Chambre, n'est plus utile à la navigation du moment où on peut sortir du Havre facilement, c'est ce que M. Bert assure d'une façon certaine.

D'après M. Bert la construction de la digue permettrait de creuser l'entrée actuelle du port du Havre à une cote assez profonde pour recevoir des navires tirant de 8 mètres à 8 mètres 50 en marée de morte eau. Elle rendrait inutile l'établissement d'une nouvelle entrée.

M. Bert appuie sa proposition sur les observations qu'il a faites dans tous les ports qu'il a visités. Chaque fois qu'une côte est protégée par une île ou rocher, entre cette île et la côte il y a toujours de grandes profondeurs. Il en donne plusieurs exemples. A l'intérieur de cette digue tous les navires pourront venir se placer. Derrière la digue du côté nord on établira un lazaret qui sera extrêmement bien placé et qui bien qu'aux portes du Havre ne soulèvera aucune objection au point de vue de la santé publique et sera d'une grande utilité et d'une grande économie pour la navigation qui en ce moment est obligée de faire quarantaine à Cherbourg. Des cales de radoubs pourront être abritées derrière cette digue, si on suppose comme nous l'avons déjà dit, que des forts s'élèveront sur cette digue, les fortifications tiendraient à une grande distance les navires ennemis.

Il sera assurément très facile de mettre à l'abri des digues des bateaux-torpilles qui pourront sortir de la digue et contribuer à la défense du port.

Il est bon d'ajouter que les navires ennemis seraient ainsi éloignés de 3,000 mètres du port. Peut-être y aurait il lieu de voir s'il ne conviendrait pas alors de profiter de la Seine pour y faire passer les navires de commerce et pour y faire un refuge inattaquable par l'ennemi. Il existe en effet à 30 kilomètres du Havre des fossés profonds ou à basse mer, les navires de 8 à 9 mètres de tirant d'eau, trouveraient un mouillage assuré.

On voit donc l'importance d'une pareille construction et combien elle doit préoccuper notre commerce maritime, et combien notre patriotisme verrait avec enthousiasme la création de cet arsenal militaire devant le Havre et devant les bouches de la Seine.

Nous ne doutons pas que le Gouvernement n'examine avec toute l'attention désirable un pareil projet.

Il est vrai que ce projet est contraire à celui de l'Ingénieur en chef du port qui propose un port d'entrée du côté nord et qui prétend que la rade

ensablerait l'entrée, mais d'un autre côté les marins, les officiers de marine assurent que l'entrée projetée sera impraticable, que les navires ne pourront jamais entrer dans ce port d'une manière sûre pendant les vents d'ouest les vents les plus régnants.

Qu'au contraire avec le projet Bert les navires suivront la voie qui conduit dans le sud des jetées actuelles, traverseront avec facilité la passe entre les hauts de la rade et le poulier, les navires protégés contre la houle par la digue entreront facilement dans les jetées du Havre et dans les bassins. Pour la navigation rapide s'arrêtant ou passant devant le Havre, on se servira du grand appontement qui, placé à de grandes profondeurs, pourra recevoir en tous temps les navires en chargement et en déchargement; que les voyageurs, les bagages et les marchandises pourront être débarqués très rapidement au moyen de puissants appareils hydrauliques.

Le Havre, ainsi installé, enlèverait à l'Angleterre tous les transports rapides et donnerait au Havre un essor merveilleux.

Il est à penser que le gouvernement, désireux de continuer les travaux publics, voudra confier à l'industrie privée l'exécution de travaux que seule elle saura mener rapidement à bien.

En résumé, le Havre, Honfleur, la baie de Seine, la Seine maritime, Rouen et Paris forment un tout. C'est le plus magnifique établissement maritime qui existe au monde si on sait en user avec intelligence.

Or, si tous les efforts étaient combinés et réunis pour opérer l'amélioration générale de cet admirable organe de la navigation de notre pays, qui commande la Seine qui conduit à Paris et rayonne par toute la France, on rendrait à notre pays un immense service.

Il est évident que les travaux doivent être combinés de manière à ne sacrifier aucun intérêt; mais il est aussi certain que l'œuvre entière doit faire l'objet d'un projet commun, il faut que le Havre, Rouen et Paris s'associent pour obtenir la réalisation d'une œuvre indispensable à la fortune de notre pays.

Si, au contraire, on agissait d'un côté sans se préoccuper des autres, on arriverait à des résultats déplorables.

Jusqu'à présent, on a laissé la nature agir seule, la science moderne n'a rien fait pour sortir de ce chaos au milieu duquel on laisse les éléments agir sans rien leur opposer.

Autrefois, lorsque chaque ville vivait isolée, on pouvait penser et agir sur un point; mais, aujourd'hui, avec les perfectionnements apportés dans l'exécution des travaux publics, il n'est plus possible de laisser les choses en un pareil état. Le temps des discussions est passé, il faut agir; car il faut que nous soyons en état de combattre les concurrences étrangères qui nous enlacent de tous côtés, grâce à notre défaut d'entente.

Déjà le port du Havre est insuffisant pour recevoir les grands navires, comme le *City-of-Rome*, qui n'est que le début dans la concurrence sus-

citée au pavillon français. Il faut que le Havre s'approfondisse s'il ne veut voir disparaître la grande navigation rapide sur l'Amérique.

D'un autre côté, puisque la Seine est susceptible d'être améliorée encore, pourquoi ne ferions-nous pas tous nos efforts pour faire de Rouen une grande gare maritime qui doit procurer une grande économie de transport sur certaines natures de marchandises.

Déjà les résultats obtenus sont magnifiques, mais ils ne sont qu'un essai; encore quelques efforts et nous ferons des ports de la Seine un établissement rival des ports anglais, mieux placés qu'eux.

Au moment où le Gouvernement réclame l'aide de l'industrie pourquoi les intéressés ne se réuniraient-ils pas pour lui proposer de faire, comme les Anglais ont agi pour Liverpool, Londres et Glascow, où l'industrie privée seule a tout créé et a fait de ces trois ports les trois plus grands ports du monde.

La situation du Havre et de Rouen est assez belle pour qu'une perspective semblable n'ait rien que de très naturel. J'avoue que je suis un peu froissé dans mon patriotisme quand je vois l'industrie française porter ses efforts à l'étranger, à Suez, à Panama, à Corinthe, doter le port d'Anvers d'aménagements dont aucun de nos ports n'est encore pourvu et laisser la Seine, le plus beau fleuve du continent, dans un état indigne du temps où nous vivons.

M. LE PRÉSIDENT. La discussion que soulève cet intéressant rapport prendra place dans celle qui s'engagera dans la prochaine séance, à propos de la communication de M. Bouquet de la Grye; cela mettra en présence deux points de vue éminemment intéressants.

L'ordre du jour appelle la suite de la discussion sur le chemin de fer métropolitain.

M. CHRÉTIEN. Dans notre dernière séance, j'ai indiqué, d'une façon en quelque sorte théorique, ce que devraient être les chemins de fer à établir dans Paris. J'ai caractérisé le tracé qui conviendrait le mieux en le comparant à une vaste toile d'araignée composée de lignes rayonnant vers le centre et de lignes circulaires concentriques, formant un réseau dont les mailles seraient aussi serrées que possible vers le centre et iraient en s'agrandissant vers la circonférence.

De cette façon, les stations étant placées aux points d'intersections, il serait toujours facile de se rendre d'une station quelconque à une autre en ne suivant que deux directions et à peu près le plus court chemin.

Cette conception n'est évidemment pas réalisable pratiquement dans une ville comme Paris, où les rues sont si irrégulièrement tracées; mais, puisque nous sommes invités à traiter cette question *du tracé*, il était bon d'indiquer la solution rationnelle entre toutes, de laquelle on fera bien de s'inspirer pour les travaux à exécuter dans l'avenir.

Pour compléter ma pensée, j'aurais dû ajouter que, de tous les tracés *possibles*, celui qui conviendrait le mieux est celui qui comprendrait le plus grand nombre de lignes se croisant, dans des plans différents, le plus souvent possible.

M. Douau a fait remarquer que les chemins de fer existant rayonnaient vers le centre de la ville et que le métropolitain projeté formait déjà en sorte une première zone circulaire.

Les chemins de fer actuels ne peuvent pas être considérés comme des voies métropolitaines, parce qu'ils ne pénètrent pas assez dans la ville et qu'ils ne satisfont pas à cette condition essentielle, d'avoir des trains à des intervalles de quelques minutes seulement.

Le métropolitain ne répondrait à la solution que j'ai indiquée qu'autant qu'il se compléterait par une série assez nombreuse de lignes concentriques et de lignes rayonnantes, donnant les nombreuses intersections voulues.

Du reste, on voudra bien remarquer que jusqu'ici je n'ai rien dit contre *le tracé* du métropolitain projeté. Son insuffisance, bien évidente, selon moi, ne serait pas une raison pour en faire rejeter l'exécution, s'il répondait sous les autres rapports aux exigences de la situation. Ce serait, au contraire, une raison pour qu'on le commençât le plus tôt possible, afin de le compléter ensuite.

Mais c'est uniquement parce que les chemins de fer souterrains ne donnent point la vraie solution demandée, que je combats ce mode d'établissement. Je comprends un tunnel pour faire la traversée d'une montagne ou d'un monticule, pour éviter un obstacle, mais non pour voyager dans les parties basses du sol. En un mot, le souterrain doit être l'exception sur un parcours donné et non la règle.

Cela dit, pour éviter toute équivoque, je reviens à la question du tracé.

Le tracé d'un réseau métropolitain est intimement lié au genre du trafic auquel il doit donner lieu, et au mode de construction qui doit être adopté.

En ce qui concerne la nature des transports, il est incontestable qu'une ligne reliant les Halles au chemin de fer de ceinture et qui transporterait les voyageurs et les marchandises, rendrait de réels services. L'approvisionnement des Halles et l'enlèvement des détritus qui en proviennent suffisent pour motiver ce caractère mixte.

Cette ligne aurait particulièrement cet avantage de dégager le pourtour des Halles et les rues qui y aboutissent de l'encombrement de voitures qui y rend la circulation si incommode à certaines heures. Elle devrait naturellement être construite en souterrain et son utilité est assez grande pour motiver au besoin une subvention qui serait accordée par la ville.

Quant aux lignes à établir dans d'autres directions, le service des marchandises y serait trop insignifiant pour qu'il y ait lieu de s'en préoccuper. Le transport des marchandises exige toujours un premier chargement sur voiture ou sur camion; que le voiturier conduise son chargement à un kilomètre ou deux plus loin, c'est pour lui peu de chose et, pour peu que

le métropolitain demande une rémunération quelconque, il préférera toujours aller directement à destination, plutôt que de passer par un intermédiaire. Ce qui coûte, c'est le chargement et le déchargement et non la distance plus ou moins grande du transport.

Du reste, un service de marchandises comporte nécessairement des locaux d'entrepôt, des espaces assez grands, des engins de manutention et un service d'enlèvement; toutes choses qui n'ont évidemment pas leur raison d'être et qu'il serait fort difficile de réaliser dans les espaces restreints dont on dispose à Paris.

Les autres voies métropolitaines doivent donc être réservées exclusivement au service des voyageurs.

La direction de ces voies est naturellement indiquée par la position des grandes agglomérations de population, qu'il s'agit de mettre en communication les unes avec les autres, et il suffit de jeter un coup d'œil sur un plan de Paris pour voir que les lignes à tracer auraient un très grand nombre de points d'intersection dans la partie la plus centrale de la ville.

C'est, du reste, ce que nous voyons réalisé par la Compagnie des Omnibus, dont les lignes sillonnent la ville dans toutes les directions et dont les tracés donnent, sur le plan de Paris, les nombreux croisements que j'indiquais tout à l'heure, principalement dans la partie centrale. Si les omnibus constituaient un moyen de transport moins insuffisant, il serait superflu de chercher autre chose.

L'ensemble des lignes d'omnibus et de tramways, présente une longueur totale d'environ 500 kilomètres. Cette longueur, à peine suffisante à l'heure actuelle, devrait aller sans cesse en progressant pour répondre aux diverses exigences du tracé: de même que le nombre des voitures en circulation sur chaque ligne devrait aussi aller en augmentant, pour pouvoir transporter tous les voyageurs qui se présentent. Mais l'impossibilité de multiplier suffisamment le nombre des lignes et celui des voitures en service, est la raison d'être des chemins de fer métropolitains.

Ceux-ci ne pouvant pénétrer partout où pénètre l'omnibus et exigeant, sur une même ligne, un mouvement de voyageurs beaucoup plus considérable que l'omnibus ou le tramway, ne peuvent être utilement et économiquement employés que pour desservir les grands courants de circulation. Ils doivent être les grandes artères d'un ensemble dont les omnibus et les tramways seraient les ramifications complémentaires.

Un réseau de chemins de fer, composé de lignes n'ayant pas plus de 8 à 10 kilomètres, se raccordant entre elles et se croisant aussi fréquemment que possible, convient mieux que tout autre. Avec des lignes de grande longueur, 20 kilomètres par exemple, il y aurait plus de raisons pour que les voyageurs suivissent moins bien le plus court chemin qu'ils auraient à parcourir. Il y aurait aussi plus de chance pour qu'il y eût encombrement sur certains points et pénurie sur d'autres.

Cette question du plus court chemin n'est pas tout à fait sans importance au point de vue de la capacité de transport d'un chemin de fer ; car si, par

des détours trop peu ménagés, on augmente d'un tiers ou d'un quart le chemin parcouru par chaque voyageur, c'est, au point de vue de la puissance de transport, exactement comme si on diminuait celle-ci d'un tiers ou d'un quart.

Quel que soit le mode d'établissement adopté pour les chemins de fer métropolitains, qu'ils soient souterrains ou aériens, il faudra nécessairement pratiquer quelques grandes percées vers le centre de la ville, si l'on veut résoudre le problème d'une façon à peu près convenable. On ne saurait obtenir de solution satisfaisante si quelques-unes des principales artères ne s'y entre-croisent. Ce n'est qu'à cette condition que le réseau dont il s'agit peut prendre l'extension qu'il comporte et qui est si désirable. Plus tôt on entrera dans cette voie et mieux cela vaudra, sous tous les rapports.

J'estime que d'ici un certain nombre d'années, le réseau des chemins de fer à construire pourrait atteindre un développement de 200 kilomètres, donnant une exploitation productive : à la condition toutefois, que leur exécution, ne coûterait pas plus d'un million et demi par kilomètre, matériel compris.

Mais il ne faut pas trop espérer voir se réaliser de sitôt ce *desideratum* que je crois conforme aux véritables intérêts de la ville et des habitants. Peut-être attendra-t-on longtemps encore ces percées nécessaires, réclamées par l'hygiène publique, autant que par le mouvement de la population.

Il existe actuellement une centaine de kilomètres de rues, avenues ou boulevards dont la chaussée a 14 mètres et plus de largeur, sur la plupart desquels il n'y aurait pas grand inconvénient à établir des chemins de fer, soit en sous-sol, soit en élévation et sur lesquels on trouverait dès à présent un trafic assuré, suffisamment rémunérateur.

C'est sur l'un de ces boulevards que je voudrais voir expérimenter les principaux systèmes proposés; afin que l'on puisse bien juger de leurs avantages et de leurs inconvénients.

L'expérience vaut la peine d'être tentée et on ne saurait s'entourer de trop d'éléments avant de résoudre une question de cette importance. Il est bon de s'occuper du présent, mais il faut aussi penser à l'avenir.

Je ne m'étendrai pas davantage sur ce sujet; je dirai seulement, pour répondre à une objection de M. Vauthier, que le mode de construction et de traction que j'ai indiqué dans diverses publications, ne devrait pas être considéré comme un joujou; attendu que ce joujou est de ceux qui peuvent transporter au moins autant de voyageurs que n'importe quel chemin de fer, avec la même vitesse et au moins aussi économiquement si non plus. Je me réserve de donner sur ce point tous les développements désirables quand l'ordre de la discussion nous amènera à parler de la construction et de la traction.

M. Vauthier. Je demande à rectifier un point de fait, dans la communication qui a été faite par M. Chrétien. J'aurais dit, l'autre jour, d'après

M. Chrétien, qu'un voyageur parcourait en omnibus 5 kilomètres 6, en moyenne. Ce n'est pas cela. J'ai dit qu'en établissant le rapport entre le nombre de voyageurs transportés et le nombre de kilomètres parcourus par les omnibus et les tramways, il y avait le rapport de 1 à 5 kil. 600.

Si un voyageur, par exemple, ne parcourt que 2 kilomètres 800, c'est qu'il y a, en somme, dans le service, des places qui restent la moitié du temps vides et la moitié du temps occupées. Ce chiffre, je crois qu'il est inexact, et le parcours moyen d'un voyageur en omnibus est loin d'être 5 kil. 600.

M. Chrétien. Je demande que, dans le procès-verbal, les chiffres soient rectifiés dans le sens indiqué par M. Vauthier.

M. le Président. Vous le corrigerez.

M. Chrétien. Je préfère qu'on dise, dès à présent, que ce que dit M. Vauthier répond à ma pensée.

M. Deligny. Je crois que le programme qui vient de vous être tracé par M. Chrétien a un défaut capital : c'est d'être irréalisable. Il est irréalisable quant à l'exécution, à cause du plan, et ensuite parce qu'il donnerait un produit insuffisant pour le capital employé à sa construction.

La construction de 100 kilomètres de chemin de fer aérien, dans Paris, comporte des travaux de voirie tellement formidables qu'aucune municipalité ne voudra en prendre la responsabilité, ni aucune entreprise financière et industrielle y risquer son travail et ses capitaux. 100 kilomètres de voies aériennes dans Paris, cela représente au moins 500 millions de francs de dépenses pour travaux de voirie, maisons à acheter, indemnités locatives, indemnités industrielles, opérations de toutes sortes.

Quant à l'exploitation, à quel résultat arrivera-t-on? A un résultat analogue à celui de la Compagnie des Omnibus. La Compagnie des Omnibus a 34 lignes en exploitation; sur ces 34 lignes, il y en a 24 qui sont en perte, et cette perte s'élevait pour 1880 à 1,902,453 fr. 47, en sorte que si la Compagnie des Omnibus n'avait pas les 12 lignes de tramways pour compenser cette perte, il y aurait un déficit. Le service de la Compagnie des Omnibus a été combiné très habilement par M. Haussmann, au point de vue des intérêts de la Ville.

Le but de cette organisation, qui se traduit par une série de lignes qui donnent des pertes, était de reporter à la circonférence de la ville, dans les terrains non encore construits, une activité qui a donné lieu au grand développement que vous voyez se continuer tous les jours. C'est un très grand service qui a été rendu en grande partie aux dépens des voyageurs de l'intérieur, qui payent 0 fr. 30 pour faire 2 kilomètres, tandis qu'ailleurs ils ne payeraient que 0 fr. 05; mais enfin, on a obtenu par ce moyen le développement de la construction dans toute l'enceinte de Paris.

Si vous faites la même opération pour des lignes de chemin de fer, obligées de se construire à grands frais, au moyen de dépenses considérables d'établissement, vous arriverez à des projets irréalisables.

Donc, le système proposé par M. Chrétien est absolument inexécutable suivant moi.

L'utilité de l'établissement d'un chemin de fer métropolitain dans Paris, substitué aux omnibus et aux tramways, est incontestée; la voie publique est encombrée de voyageurs et de voitures, il faut la débarrasser. On ne peut pas estimer à moins de 90 millions de voyageurs le trafic que fera, dans la première année, un chemin de fer métropolitain; mais 90 millions de voyageurs à 0 fr. 20, en moyenne (vous n'arrivez tout au plus qu'à une moyenne de 0 fr. 25) ce n'est pas un très gros trafic. Lorsque la Compagnie est venue demander aux pouvoirs publics d'avoir un minimum de 400,000 fr. par kilomètre sur la première partie avant de continuer le reste, elle était très sage. La Commission d'enquête a obtenu de diminuer et de ramener à 300,000 fr. le trafic nécessaire: c'est un peu la limite nécessaire pour la construction d'un chemin de fer, pour qu'il puisse couvrir ses frais, et rémunérer ses capitaux.

Pour qu'une entreprise serve bien le public, il faut qu'elle fasse des bénéfices raisonnables et honnêtes; une entreprise en perte ne fait qu'un détestable service. Nous en avons un exemple dans les tramways de l'extérieur de Paris. Ils exploitent relativement économiquement, mais le service est insuffisant, pourquoi? parce qu'ils sont à bout de ressources. Vous voulez que le service public soit bien fait, eh bien, que les Compagnies gagnent largement leur vie! 300,000 fr. de recettes brutes par kilomètre, voilà ce qu'il faut pour qu'un chemin de fer métropolitain, soit souterrain, soit en l'air puisse exister. Jamais avec 100 kilomètres de développement dans l'intérieur de Paris, vous n'aurez un trafic suffisant. Il faut donc se restreindre à ce qui est nécessaire tant que le trafic n'a pas rendu suffisamment, et ne justifie pas les prolongements nouveaux.

Le projet présenté me paraît rester dans ces limites raisonnables: il donnera un développement de 35 à 38 kilomètres; c'est suffisant pour le moment.

Le métropolitain de Londres a 16 ou 18 kilomètres : c'est à peu près le développement que vous avez là sous les yeux pour la ligne principale. Ce tracé a l'avantage, sur celui du métropolitain de Londres, d'être coupé par deux lignes; l'une dans le sens longitudinal, l'autre dans le sens transversal.

Il faut se rendre compte que le parcours circulaire, dans les chemins de fer, vous donne en réalité le parcours du diamètre; et bien que l'on fasse de cette façon une fois et demie le parcours, comme l'on va six fois plus vite, on arrive encore plus vite à l'extrémité!

Un chemin de fer métropolitain doit être exploité par les moyens les plus énergiques et les plus puissants; il faut des machines de 35 à 40 tonnes; il faut des trains légers avec des machines puissantes; il faut qu'on puisse gagner en marche le temps perdu dans les arrêts; il faut un trajet très rapide dans les intervalles des stations et des arrêts très prompts; des départs à deux ou trois minutes d'intervalle; ce n'est que dans ces conditions qu'on peut donner satisfaction aux besoins publics. Ces besoins augmentent tous les

jours. Nous sommes arrivés au point que le prix du temps, dans les classes ouvrières, atteint un taux tel qu'il y a économie à se faire transporter plutôt que d'aller à pied. C'est là une considération qui domine; c'est la multiplicité énorme de circulation, du moment qu'on ne perd pas de temps. Aujourd'hui, les lignes d'omnibus font de mauvaises affaires dans les lignes qui vont du centre aux extrémités, pourquoi? parce que la voiture est remplie au point de départ et arrive ainsi à l'extrémité de son parcours. Un omnibus qui ne prend pas et ne laisse pas de voyageurs en route, fait une détestable opération. Le chemin de fer peut faire cela, attendu qu'il exploitera à 33 pour 100 de recettes, comme le métropolitain de Londres; l'omnibus exploite à 98 pour 100 de la recette; voilà la différence! Dans ces conditions, je crois qu'il faut s'en tenir à un chemin de fer métropolitain soit souterrain, soit aérien, mais solide, avec un très fort matériel, et remplissant toutes les conditions nécessaires pour l'exploitation.

M. LE PRÉSIDENT. — Voulez-vous me permettre, Monsieur, en vous remerciant des renseignements que vous nous avez fournis, de profiter de votre compétence et des nombreuses études que vous avez faites sur la question, pour vous prier d'éclaircir deux ou trois petits doutes relatifs au tracé, que vous avez examiné avec grand soin. Le tracé fermé n'a de véritable avantage qu'à condition de ne pas avoir un très grand diamètre. Ici, le diamètre n'est-il pas un peu grand?

Le tracé qui nous est présenté est compliqué par deux diamètres ; ils ont l'inconvénient, aux yeux de certaines personnes, de venir trois fois, si ce n'est quatre, avec le passage du circuit général, couper la Seine; ce qui est fâcheux pour les Parisiens qui pensent que la perspective de la Seine est déjà assez compromise.

Si, au contraire, on établissait deux métropolitains longeant, l'un la rive droite, l'autre la rive gauche de la Seine, et venant se boucler l'un à l'autre sur la rive droite, en renonçant au passage d'une rive à l'autre on éviterait cet inconvénient.

M. DELIGNY. M. le Président parle de la partie artistique de la question; c'est, d'ailleurs, un peu dans les habitudes de son esprit. Mais je ferai remarquer que les points de traversée sont au pont d'Austerlitz, d'une part, et au Trocadéro, d'autre part : dans ces parages, des ponts de plus ou de moins ne troubleront pas la perspective. Quant à la traversée du milieu qui est plus délicate, elle se fera en un point où il n'y a plus de perspective : le chemin passera derrière l'île de la Cité et tournera derrière la Morgue, justement à l'endroit où les divisions de la Seine font qu'il n'y a pas de perspective, à peine si l'on voit les quais des Tuileries, la perspective ne sera donc pas troublée, le chemin de fer passera là inaperçu. Certainement, le passage en dessous serait préférable.

M. LE PRÉSIDENT. Quelles raisons s'opposeraient à l'établissement de deux métropolitains : l'un pour la rive gauche, l'autre pour la rive droite?

M. DELIGNY. Cela ne porterait pas les Parisiens d'une extrémité de la

ville à l'autre ; ce serait un chemin de fer de quartier, ce ne serait plus un métropolitain. A Londres, sur la rive gauche de la Tamise, il y avait une circulation suffisante pour le faire, tandis qu'à Paris, nous ne donnerions pas satisfaction aux besoins.

M. LE PRÉSIDENT. Vous desserviriez bien mieux les deux rives.

M. DELIGNY. Ce qu'on ferait à la rive droite, on ne le ferait pas à la rive gauche; celle-ci ne donnera pas un trafic suffisant. Il y a deux lignes de tramways qui suivent le boulevard Saint-Germain, et une autre les boulevards extérieurs, elles ne couvrent certainement pas leurs frais. Les deux lignes de tramways du boulevard Saint-Germain couvrent tout juste leurs frais.

M. ROY. Pourquoi alors projeter une ligne de la rive gauche?

M. DELIGNY. La ligne de l'Étoile à Montparnasse reçoit de nombreuses correspondances de la rive droite et couvre ainsi ses dépenses. Une ligne sur la rive gauche ne donnerait pas 2 pour 100.

M. ROY. Puisque les lignes de tramways qui vont du pont de l'Alma à la gare de Lyon et à la gare d'Orléans peuvent, en effet, à peine couvrir leurs frais, pourquoi avoir projeté un tronçon de chemin de fer métropolitain qui remplit les mêmes conditions que ces deux lignes? Évidemment s'il n'y a pas de ressources pour un tramway, il n'y en aura pas pour un chemin de fer métropolitain.

M. DELIGNY. Les correspondances de la rive droite donneront une alimentation suffisante. Ainsi, pour aller à la campagne, par exemple, on ne peut guère le faire, si on n'est pas à proximité d'une gare. Avec un métropolitain comme celui qui est prévu on pourra prendre un chemin de fer pour aller dans une banlieue.

Pour terminer, si vous voulez bien me le permettre, je dirai un mot de quelques difficultés auxquelles on a craint que l'exécution de ce chemin de fer souterrain vienne se heurter, c'est la question des égouts. En qualité de Président de la commission des Égouts et des Eaux de Paris, j'ai étudié beaucoup cette question. On s'est grandement fait illusion sur les difficultés qu'on pourrait rencontrer. Un chemin de fer métropolitain, d'une manière générale, doit être établi sous les voies publiques de grande largeur. Le régime de ces voies est d'avoir deux égouts parallèles, l'un de chaque côté de la chaussée; lorsque cela n'existe pas encore, tous les efforts tendent à l'établir, afin de donner plus de facilité à toutes les propriétés riveraines d'aboutir à l'égout. Eh bien! le métropolitain dans ces conditions occupera le milieu de la chaussée, et sera bordé de chaque côté par un égout qui deviendra collecteur pour tous ceux qu'il rencontrera, ce collecteur passera au-dessus ou au-dessous du métropolitain, suivant que le profil, en élévation ou en abaissement, le permettra; ces collecteurs viendront retrouver l'égout collecteur général; comme exécution, il n'y a aucune difficulté cela n'apportera aucun trouble au service des égouts.

M. Chrétien. M. Deligny a beaucoup étendu la discussion, et ce n'est plus du tracé seulement qu'il est question maintenant. Il trouve le métropolitain projeté bien suffisant, et j'ai vu le moment où il allait le déclarer trop étendu, par opposition aux 100 kilomètres que je croirais, moi, à peine suffisants, même maintenant.

Ce qui m'étonne dans ce que vient de dire M. Deligny, c'est qu'il ne soit pas frappé des nombreuses directions dans lesquelles il existe des grands courants de circulation et où le métropolitain ne passera pas. Si je regarde le plan qui est sous nos yeux, je vois que M. Deligny demeure en haut du quartier des Champs-Elysées, et que pour se rendre aux Tuileries et à l'hôtel de ville où il est appelé presque chaque jour, il n'a pas le métropolitain à sa disposition. Dans une direction opposée, M. Vauthier, qui part du faubourg Montmartre pour se rendre aussi aux Tuileries et à l'hôtel de ville, ne peut pas davantage se servir du métropolitain. Je pourrais multiplier indéfiniment ces exemples, par cette excellente raison que le chemin dont nous avons le tracé sous les yeux ne suit qu'un très petit nombre de directions et ne fait qu'un très petit parcours; tandis que la foule suit un très grand nombre de directions principales, sur un très grand parcours.

Il ne s'agit pas de savoir si le métropolitain projeté est très commode pour se rendre à la campagne quand on demeure loin d'une gare de chemin de fer; mais bien s'il répond aux nécessités de la circulation à l'intérieur de Paris. Cette circulation exige des voies aussi nombreuses que possible, se croisant en tous sens, surtout au centre de la ville; c'est là une condition essentielle, indispensable, hors de laquelle il n'y a pas de bonne solution possible; je ne saurais trop être affirmatif sur ce point.

M. le Président. Permettez, M. Deligny vient de vous répondre; il vous a dit qu'on ne peut pas faire 100 kilomètres.

M. Chrétien. Je n'ai pas dit qu'il fallait faire 100 kilomètres d'un seul coup; mais j'ai dit que, dans quelques années, ce ne serait pas trop de 200 kilomètres pour bien résoudre le problème, *si l'on faisait le nécessaire pour arriver à un tracé à peu près rationnel.* J'ai ajouté aussi que l'on pouvait dès maintenant trouver une centaine de kilomètres de boulevards ou avenues sur lesquels il est possible de construire des chemins de fer en surélévation et que, s'il était démontré que ces chemins de fer puissent être construits sans grands travaux de voirie, la solution se trouverait ainsi singulièrement facilitée.

C'est même pour faire cette démonstratiou que j'ai étudié le projet qui sera développé ici dans une prochaine séance et qui, je l'espère, ne sera pas sans compter parmi nous de nombreux partisans.

On dit que les 100 kilomètres dont je parle nécessiteront pour 500 millions de voirie. Si cela était, je renoncerais bien vite à mon projet; je dis, au contraire, qu'étant données les voies existantes, dont la chaussée a 14 mètres de largeur au plus, on peut très bien établir des viaducs en surélévation sans gêner la circulation et sans nécessiter des dépenses de voirie

bien importantes. L'exécution du chemin de fer lui-même, matériel compris, ne coûterait pas plus d'un million et demi, en moyenne. C'est même cette condition essentielle qui serait la raison d'être de certaines lignes sur lesquelles le trafic serait loin d'atteindre celui des lignes principales.

J'espère bien démontrer, quand la discussion portera sur ces points, que la dépense que j'indique, doit être considérée comme largement suffisante; que l'exploitation pourra se faire dans des conditions très économiques, et, conséquemment, qu'on pourra trouver un trafic suffisamment rémunérateur, avec un très grand développement de lignes aériennes.

On nous dit, tantôt, qu'il faut des moyens de transport énergiques sur un chemin de fer métropolitain, des locomotives de 35 à 40 tonnes; car on doit compter sur un nombre de voyageurs très élevé; tantôt, que les voyageurs ne seraient pas assez nombreux pour permettre l'exploitation de 100 kilomètres, et que la plupart des lignes deviendraient presque inutiles, seraient peu fréquentées, qu'elles ne réaliseraient que des pertes. Il y a là une erreur que je me permets de signaler, sans appuyer.

Les défenseurs du métropolitain projeté, font un peu trop valoir les avantages qu'il offre à la classe ouvrière. A les entendre, il semblerait parfois que ce chemin de fer est spécialement construit pour eux, si tel était le but visé, c'est dans les quartiers excentriques de Montmartre, la Chapelle, la Villette, Belleville, Ménilmontant, etc., pour ne parler que de la rive droite, qu'il faudrait faire passer les nouvelles voies et les diriger vers l'intérieur de Paris. Je vois bien le flot humain qui, constamment, monte et descend les faubourgs; mais je cherche en vain la ligne métropolitaine qui doit suivre ces voies.

Je ne vois pas bien quels chemins de fer pourraient prendre les ouvriers de ces quartiers populeux pour se rendre à leur travail; tandis que je vois très bien, au contraire, comment les habitants des quartiers aristocratiques de l'Étoile et du parc Monceau, peuvent se rendre à l'Opéra, à la Bourse, à la Bastille et aux différentes gares de chemin de fer éloignées de leurs demeures, s'ils doivent s'y rendre pour aller à leurs maisons de campagne, comme vient de le dire M. Deligny.

Enfin, les arguments de M. Deligny concernant le métropolitain de Londres, dont on s'inspire beaucoup trop exclusivement selon moi, ne sont pas tout à fait exacts. D'une part, la longueur du métropolitain et du district railway qui ne font qu'un est de 56.345 mètres et non 18 kilomètres; d'autre part, plus de 100 kilomètres d'autres lignes sillonnent la ville dans de très nombreuses directions et enfin, la partie de la ville entourée par le métropolitain est très insuffisamment desservie, cela est incontestable.

M. Douau. Je crois que la réponse de M. Chrétien ne satisfait personne, pour une excellente raison, c'est qu'il est venu prendre des cas particuliers pour aller de tel endroit à tel autre. En somme, je poserai une question à M. Chrétien, et je crois qu'il serait intéressant de la résoudre. Il nous a dit:

« Il faut faire des lignes circulaires ; il faut faire des lignes rayonnantes, des lignes circulaires les plus rapprochées possible. »

Ainsi que je l'ai déjà fait remarquer dans la dernière séance, nous en avons déjà une dans le projet. Dans les autres, il faut que nous l'obtenions avec un chemin de fer aérien, et si on veut renoncer aux opérations de voirie, il faut qu'on se trouve en présence de grandes voies, à grandes sections, voies circulaires et voies rayonnantes. Si nous prenons les voies de Paris et que nous examinions les voies, soit rayonnantes, soit circulaires, je trouve qu'elles sont peu nombreuses dans la partie où la population est la plus dense, ou alors il faudrait établir ces lignes circulaires en établissant un tracé. Indiquez-nous d'une manière précise les points par lesquels vous ferez passer vos lignes circulaires et rayonnantes pour donner satisfaction à la théorie que vous énonciez tout à l'heure.

M. Chrétien. J'ai déjà dit qu'il était impossible de donner au problème la solution théorique qui a été indiquée et dont parle M. Douau. J'ai fait connaître un *desideratum*, tout en faisant remarquer que la disposition des rues de Paris n'en permettait pas la réalisation.

J'ai dit ensuite que les itinéraires suivis actuellement par les omnibus et tramways étaient une indication précise, résultant d'une longue pratique et qu'ils répondaient, dans la mesure que comportent ces moyens de transport, aux véritables besoins de la population : qu'il fallait s'inspirer de ces itinéraires pour savoir quels seraient les meilleurs chemins à suivre. Mais je n'ai pas dit qu'il fallait mettre des chemins de fer partout où il y a des lignes d'omnibus, pas plus que je n'ai dit qu'il fallait penser à supprimer ceux-ci : autrement, ce n'est pas 100 kilomètres que j'aurais demandé, mais plus de 500.

M. Douau me demande d'indiquer, d'une manière précise, les points par où devraient passer les lignes à construire. Il n'y a dans la partie centrale de la ville, que fort peu de voies existantes qui pourraient être suivies, soit en souterrain, soit en élévation. Je ne puis donc que répéter de nouveau ce que j'ai déjà dit dès le premier jour, qu'il n'y a pas de bonne solution possible ; à moins que l'on ne fasse quelques-unes de ces grandes percées que je juge indispensables à tant d'égards.

Il est possible, selon moi, d'établir des chemins de fer en élévation, sur toutes les voies dont la chaussée a au moins 14 mètres de largeur. Partant de là, je crois qu'il y aurait lieu d'utiliser la plupart de celles de ces voies qui sont enfermées par les anciens boulevards extérieurs, ainsi que ces boulevards et quelques-unes des autres grandes voies qui les traversent. On aurait de cette façon la solution la moins mauvaise possible.

Mais, si l'on tient à se préoccuper des nécessités de l'avenir, il est des sacrifices d'argent qu'une ville comme Paris doit savoir faire à temps. N'est-il pas bien évident que plus on attendra pour créer les nouvelles voies indispensables, plus ces sacrifices deviendront lourds.

Le jour où une première application aura démontré que l'on peut utiliser sans inconvénients les chaussées de grande largeur pour l'établissement

des chemins de fer en élévation, le plus grand pas aura été fait dans la voie d'une bonne solution définitive.

M. Mékarski fera d'abord observer que pour réaliser le desideratum indiqué par M. Chrétien, c'est-à-dire pour fournir le moyen de se transporter d'un point quelconque de Paris à un autre, le chemin de fer métropolitain devrait non seulement se composer de lignes nombreuses, formant un réseau à mailles très serrées, mais aussi avoir des stations très rapprochées.

Il en résulterait évidemment une grande lenteur dans la marche des trains, ce qui irait précisément à l'encontre du but que l'on se propose. Les nombreux croisements de lignes créeraient aussi de sérieuses difficultés d'exploitation.

Ce serait une erreur, suivant lui, que de demander à un chemin de fer de rendre à la population les mêmes services que les omnibus qu'il n'est pas dans son rôle de remplacer et dont il est probable qu'il ne diminuera aucunement le trafic. Le chemin de fer s'adressera particulièrement aux gens pressés, ayant à parcourir une assez grande distance : s'il ne les amène pas aussi près de leur destination que l'omnibus, il les conduira, en revanche, à proximité beaucoup plus rapidement. L'essentiel, en effet, dans bien des cas n'est pas tant de se rendre en voiture à un endroit déterminé que d'y arriver dans le moins de temps possible.

La même considération peut être opposée aux objections fondées sur le peu d'agrément que présentera la locomotion souterraine : le temps a trop de valeur aujourd'hui pour qu'on puisse douter du succès d'un moyen de transport rapide et dont on sera à tout moment certain de pouvoir faire usage tandis qu'on l'est beaucoup moins de trouver de la place dans les omnibus ou les tramways.

M. Deligny a d'ailleurs parfaitement fait voir qu'un réseau de chemins de fer dont l'établissement sera toujours coûteux, par quelque système que ce soit, ne pourrait être aussi étendu que celui des omnibus sans devenir une entreprise absolument ruineuse.

Il faut donc à son avis limiter le réseau aux directions dans lesquelles on est en droit de compter sur une circulation considérable.

M. Mékarski ne partage pas à cet égard les doutes émis sur l'utilité de la ligne du boulevard Saint-Germain. Cette utilité serait en effet contestable si la ligne devait être simplement l'artère longitudinale de la rive gauche, mais il importe de remarquer qu'elle se raccordera au pont de l'Alma, ou au Champ-de-Mars, avec le chemin de fer des Moulineaux qui sera probablement une des lignes de banlieue les plus fréquentées. Elle en constituera pour ainsi dire la pénétration dans le cœur de Paris, de la même manière que le Métropolitain de Londres est le prolongement jusqu'à la Cité des chemins de fer arrivant de l'Ouest et du Nord.

Il est utile de rappeler incidemment que le Métropolitan-railway n'a été établi que comme pénétration et non pour les communications d'un point

à un autre de la ville elle-même, ses créateurs comptant fort peu, à l'origine, sur le trafic de station à station.

L'événement n'a pas tardé à faire voir que l'on n'avait pas apprécié ce trafic à sa valeur et qu'en outre des voyageurs se rendant pour leurs affaires de l'une des gares excentriques à la Cité les trains en prennent sur leur parcours un très grand nombre parcourant une faible distance. On a même été amené à doubler le nombre des voies et à établir deux souterrains distincts affectés exclusivement, l'un aux trains venant du nord et de l'ouest, l'autre au trafic local.

Aujourd'hui, si l'on compare la recette au nombre des voyageurs transportés et au tarif en vigueur, on reconnaît que le parcours moyen de chaque voyageur ne dépasse pas 2 kilomètres, ce qui fait voir l'importance du mouvement déterminé par l'établissement du chemin de fer, au point de vue purement métropolitain.

Il n'en est pas moins certain que les lignes de banlieue fournissent un contingent considérable de voyageurs : il est à supposer qu'il en sera de même de celle des Moulineaux, lorsque le métropolitain parisien amènera ses voyageurs dans tous les points importants de Paris et à toutes les gares des autres chemins de fer.

A l'égard de la ligne transversale mettant en communication la rive droite avec la rive gauche, M. Mékarski estime que la solution adoptée pour traverser la Seine, au moyen d'une série de ponts établis entre la Cité et l'île Saint-Louis, n'est peut-être pas la plus avantageuse.

Il se demande s'il n'eût pas été préférable de prendre son parti d'une traversée souterraine qui lui paraîtrait pouvoir être placée un peu en aval du pont du Carrousel, point où le fleuve est assez resserré. On passerait au Palais-Royal et à la place Saint-Germain-des-Prés, deux points où se croisent de nombreuses lignes d'omnibus et où la circulation est particulièrement active. C'est à raison, suivant lui, que, dans un premier projet, on avait proposé d'établir au Palais-Royal une sorte de gare centrale d'où partaient des rayons constituant deux à deux de grandes transversales. La modification à faire au projet actuel pour revenir à cette idée, serait assez peu importante : il suffirait d'infléchir vers le Palais-Royal, par l'avenue de l'Opéra, les Halles et la rue Turbigo, le tracé passant par la rue du Quatre-Septembre et la rue Réaumur, en se raccordant au boulevard Sébastopol avec la ligne se dirigeant vers le Nord : cette ligne se continuerait alors à partir du Palais-Royal par une grande courbe passant sous la place du Carrousel, et dont le développement permettrait de descendre au niveau convenable pour passer sous la Seine. On arriverait à Saint-Germain-des-Prés par le prolongement projeté de la rue de Rennes aboutissant au quai Voltaire, et l'on gagnerait ensuite le boulevard Saint-Michel par le tracé compris dans le projet.

Cette variante permettrait également de passer plus près de l'hôtel des Postes et de traverser les Halles où l'on pourrait établir un système de

voies souterraines par lesquelles, au moyen de monte-charges, les wagons seraient amenés au milieu même du marché, où ils seraient déchargés.

La construction d'un tunnel sous la Seine est-elle une difficulté dont il faille tant s'effrayer ? Il est permis de croire qu'elle ne serait pas plus insurmontable à Paris qu'à Londres, et qu'il n'en résulterait pas une dépense beaucoup plus élevée que celle qu'entraînera l'établissement des ponts projetés derrière Notre-Dame.

M. Mékarski examine ensuite l'utilité, comme chemin de fer métropolitain, du tronçon de la grande ligne longitudinale compris entre Puteaux et la porte Maillot.

Il ne conteste pas que cette partie de la ligne ne soit appelée à rendre de grands services, les dimanches et jours de fêtes, et même les jours ordinaires, comme constituant la pénétration nord du chemin des Moulineaux.

Il se demande toutefois s'il y aura lieu d'exploiter ce parcours de la même façon que le reste d'une ligne qui traverse les quartiers du centre. Il lui semble qu'il eût été plus avantageux d'en faire un simple embranchement du chemin de fer de ceinture en soudant celui-ci au métropolitain à la gare de Courcelles-Levallois, d'où partirait également l'embranchement sur Puteaux. Cette combinaison, présenterait le double avantage de ne pas exagérer la circulation sur des points où elle peut sans inconvénient être moins intense, et de faire rentrer plus complètement dans le réseau métropolitain, le chemin de fer de ceinture qui dessert déjà, dans sa partie nord, des quartiers très peuplés.

M. le Président rappelle à ce sujet les explications données par M. Soulié d'où il résulte que si l'on a prolongé la ligne jusqu'à Puteaux c'est surtout pour aller y chercher les emplacements nécessaires pour remiser le matériel, ces emplacements étant fort difficiles à trouver dans l'intérieur des fortifications.

M. Mékarski croit cette difficulté moins grande qu'on ne l'a supposé. Dans une étude qu'il avait faite des différents tracés possibles, avec les bienveillants conseils de M. Vauthier, il a eu occasion de s'assurer qu'on trouverait en des points convenables des terrains suffisamment étendus pour les remisages, sans sortir de l'enceinte, sauf à installer au dehors, comme le font les grandes Compagnies de chemin de fer, les ateliers, magasins et dépendances qu'il n'est pas indispensable de placer aux terminus mêmes des lignes.

M. du Lin. Je trouve la question tellement intéressante que je demande la permission de dire un mot. Tout d'abord, je dois dire que je suis absolument partisan du métropolitain, mais à certaines conditions; j'en suis partisan comme je serai partisan de tous moyens que prendra la ville ou l'État de faire des voies de communication, que ce soit au-dessus, au-dessous, en long ou en travers. En ce qui me concerne, j'ai entendu développer le métropolitain comme une toile d'araignée, et faire un tracé de manière à faire circuler les voyageurs, les uns au-dessus, les autres au-dessous.

Voici ce que font les omnibus : ils s'arrêtent 60,000 fois pour prendre les voyageurs, mais ils s'arrêtent autant de fois qu'il le faut pour prendre quelqu'un qui monte ou pour laisser quelqu'un qui descend. On monte et l'on descend comme on veut; chaque pavé est un point d'arrivée ou un point de départ. Je suppose le métropolitain suivant les boulevards, et allant de la Bastille aux Champs-Élysées. Eh bien! si étant au delà de la Bastille, j'ai intention d'aller au Jardin d'acclimatation, je calculerai combien de temps il me faudra pour aller de l'arc de Triomphe au Jardin d'acclimatation. Si je vais au boulevard Bonne-Nouvelle, et qu'il y ait cinq gares de la Bastille à la Madeleine, je descends à celle qui me rapproche le plus de l'endroit où je vais. J'admets le métropolitain pour transporter l'ouvrier le plus vite et le meilleur marché possible. Voilà le vrai métropolitain! Le métropolitain de Londres, c'est pour l'ouvrier qu'on l'a fait! Il va chercher l'ouvrier le matin chez lui pour l'amener à son centre. L'ouvrier prend le métropolitain s'il veut; s'il veut prendre l'omnibus et la correspondance, il le prendra. Le temps, c'est de l'argent; l'ouvrier paye son temps; il prend quelquefois l'intérieur de l'omnibus, qui lui coûte six sous. Desservez donc les points extrêmes par le métropolitain; mais dire que vous aurez assez de voyageurs intermédiaires pour couvrir vos frais, je ne le crois pas, car vous n'aurez des voyageurs à transporter que le matin et le soir. Pour les gens de Paris, qu'est-ce qu'ils feront? Ils prendront un moyen plus rapide; ils prendront l'omnibus ou iront à pied. — Le métropolitain établi pour faciliter la circulation, je trouve le tracé insuffisant. Vous n'avez qu'à prendre les grandes lignes, puis déterminer un point de ces polygones et faites aller un voyageur qui veut aller à une autre extrémité.

Voilà, Messieurs, ce que j'avais à vous dire : je crois que le métropolitain est absolument nécessaire, j'en suis partisan comme moyen de communication, comme je suis partisan d'un pont sur la Seine; mais quant à ce qui concerne le trafic, il ne faut pas penser faire face à la dépense : je n'y crois pas. Quant à moi, je n'oserais jamais signer un rapport semblable.

M. Mékarski croit utile de citer quelques chiffres propres à dissiper les doutes qui viennent d'être exprimés sur la possibilité d'un trafic suffisamment rémunérateur, sur le métropolitain parisien.

Le métropolitain de Londres se compose, comme l'on sait, de deux lignes se réunissant actuellement à l'ouest pour former une grande boucle qui doit être transformée en un cercle complet par la construction, à travers la Cité, d'une section d'assez faible longueur. Ces deux lignes appartiennent à deux Compagnies différentes, la Metropolitan railway C° et la District railway C°, les trains parcourant d'ailleurs la boucle entière.

D'après M. Huet, directeur-adjoint des travaux de Paris, qui a étudié sur place toutes les questions se rattachant à l'établissement et à l'exploitation de ces chemins et en a publié une description contenant les renseignements les plus complets que l'on puisse désirer, les recettes du *Metropolitan-railway* se sont élevées, en 1877, à 770,000 francs par kilomètre;

celles du *District-railway* qui suit les quais de la Tamise et se trouve en concurrence avec les bateaux circulant sur le fleuve, ont été de 541,000 fr. par kilomètre.

Les frais d'exploitation étaient respectivement de 268,000 francs et 230,000 francs par kilomètre : le produit net atteignait donc 500,000 francs par kilomètre pour la première Compagnie et 340,000 pour la seconde. Il y avait d'ailleurs d'année en année une augmentation sensible et les chiffres actuels sont certainement plus élevés.

Il n'est pas présumable que le produit du réseau parisien ou tout au moins de la première ligne à construire soit inférieur à celui du District-railway qui paraît placé dans de beaucoup moins bonnes conditions d'exploitation.

En s'engageant à exécuter les diverses parties du réseau aussitôt que, sur celles en exploitation, la recette brute atteindra 300,000 francs par kilomètre, la Compagnie ne semble pas s'être réservé de grandes facilités pour ajourner la construction des lignes considérées comme les moins productives, car non seulement le chiffre fixé ne peut manquer d'être dépassé de suite, sur la première ligne, mais il est infiniment probable qu'aucune partie du réseau ne donnera un produit moindre.

M. LE PRÉSIDENT. Quelqu'un demande-t-il la parole?

M. GUERRIGNY. En 1873, j'avais déjà envoyé une note sur cette idée qu'il fallait rapprocher les parties extrêmes du centre. C'est une note que j'avais remise et que je vous demande de communiquer.

M. VAUTHIER. Je ne dirai que peu de mots, vu l'heure avancée, et répondrai seulement à l'observation de quelques-uns des orateurs, qui trouvent insuffisant le développement donné au métropolitain projeté, il a 30 kilomètres. M. Chrétien voudrait qu'on lui en donnât 100. Si cela ne coûtait rien, j'en demanderais tout de suite 300. Mais, véritablement serait-ce sérieux? Prenons une carte de France, posons le doigt sur un point de la carte, comme le faisait tout à l'heure M. Chrétien sur le plan de Paris, et demandons : Allez-vous là par un chemin de fer? Non, ce point est desservi par un chemin vicinal. Alors à quoi sert votre réseau ferré, s'il ne va pas absolument partout? C'est-à-dire qu'en raisonnant pour toute la France comme pour Paris, il faudrait plusieurs millions de kilomètres de chemins de fer, en France; autant qu'il y a de routes ordinaires de toutes sortes; routes nationales et départementales, et chemins vicinaux de tous ordres. Lorsqu'il s'agit de moyens de transports puissants et coûteux d'établissement, ce qu'il faut bien voir, c'est qu'on ne peut étendre le développement au delà de ce que comporte le service des courants commerciaux d'une grande importance. Dans l'espèce, il est bien évident que s'il y avait moyen de faire un métropolitain assez développé pour suivre toutes les rues de Paris, on aurait un service plus complet et plus commode. Mais y a-t-il même lieu de se demander si on aurait réalisé ainsi quelque chose de pratique?

Cela veut-il dire qu'en construisant les lignes aujourd'hui proposées on renoncera à tout jamais à en établir d'autres; que l'avenir sera fermé;

qu'on n'établira pas, par exemple, d'autres lignes transversales, et qu'on n'aura pas plus tard un réseau métropolitain à mailles plus serrées? Pas le moins du monde. Ce qu'on propose aujourd'hui répond à un besoin pressant, y satisfait dans une large mesure. Plus tard on fera les compléments nécessaires. Seulement, disons-nous bien, et ceci est, je crois, une considération que doivent avoir présente à l'esprit toutes les personnes qui s'occupent de tracés de métropolitains; c'est qu'on ne peut pas admettre qu'on s'évertue à tracer un chemin de fer dans une ville comme on y trace des rues, et que ce soient celles-ci dont on doive nécessairement s'efforcer de suivre la direction. A un moteur différent, assujetti à des conditions nouvelles, correspondent aussi des conditions différentes pour le tracé des voies où ce moteur doit circuler. Le propre des rues est de se couper à angle droit. Le propre des voies ferrées est de se raccorder tangentiellement.

Ce n'est pas seulement aux villes que cela s'applique. Cela est vrai aussi en rase campagne et a toujours été vrai.

Mettons-nous en face des premiers moyens de circulation que les hommes ont créé à la surface du sol. Prenons le sentier à piéton. Est-ce que la bête de charge, lorsqu'on s'en est servi pour le transport des fardeaux, a suivi exactement le sentier du piéton? Nullement. Cela n'était pas possible. Il a fallu prendre des pentes moins abruptes et chercher d'autres déviations: Quand après la bête de somme est venue le chariot, est-ce que les véhicules à roues ont suivi les chemins que pratiquaient les bêtes de charge? N'a-t-il pas fallu construire pour eux des routes spéciales tracées suivant de toutes autres données? Est-ce que pour les chemins de fer enfin, assujettis, quant au moteur employé, à des conditions plus étroites que les routes ordinaires, il n'a pas fallu chercher des directions nouvelles et tracer les voies tout autrement?

C'est pour les chemins de fer qu'ont été créés les grands viaducs et les tunnels que les routes ignoraient presque; et de nos jours encore ces différences s'accentuent. Pour franchir les hautes chaînes, les routes ordinaires allaient chercher les cols. Le chemin de fer aujourd'hui ne va pas chercher la montagne. Il la perce à sa base.

Les différences de tracé et de parcours qui résultent de l'emploi d'un moteur nouveau s'imposent à Paris comme en rase campagne. Et cela est aussi vrai pour les recettes que pour toutes les autres circonstances de la circulation.

On nous disait tout à l'heure, que les omnibus nous donnaient une idée de ce que devait faire le métropolitain. Je repousse cette considération comme inexacte. Ce ne sont nullement les omnibus et les tramways qui s'arrêtent à tous les points de la voie publique, qui marchent avec une vitesse de 6 kilomètres à l'heure, et portent 30 à 40 voyageurs, qui doivent servir d'exemple au tracé d'un chemin de fer, qui ne s'arrête qu'en des points déterminés, marche avec une vitesse triple et porte dix fois plus de voyageurs.

Maintenant, il y a encore une objection qui a été présentée à la suite de ce qu'a dit mon collègue M. Deligny. On lui a dit : Voici une transversale comprise dans le projet et que vous jugez importante. Mais dans cette direction il y a un tramway qui ne rapporte rien ou peu de chose.

Cette branche du métropolitain ne peut pas être bonne ! — Je répondrai par un simple fait : il y a eu, dans le temps, sur les anciens boulevards extérieurs, une ligne d'omnibus qui avait son origine aux Ternes, et son autre terminus à Belleville. Cette ligne ne rapportait rien. C'était un parcours improductif. Depuis, dans cette même direction, on a établi trois ou quatre lignes de tramways, et elles font parfaitement leurs affaires. En augmentant la puissance de l'outil, améliorant son fonctionnement, on a décuplé sa clientèle.

Le long des quais de la Seine, il y avait aussi des omnibus qui perdaient de l'argent; on y a établi les *Mouches*, elles rapportent beaucoup. C'est dire qu'il n'y a aucune comparaison possible, entre les services que rendent à la circulation des moyens de transport de nature, de puissance d'allure et de coûts différents. C'est raisonner faux que d'opposer à des moyens puissants de locomotion des conclusions déduites de ce que produisent des moyens doués d'une puissance moindre. En agissant ainsi, on risque de se tromper absolument.

M. LE PRÉSIDENT. La discussion a produit aujourd'hui des arguments intéressants; l'heure avancée nous force à en remettre la continuation à une autre séance.

La séance est levée a onze heures.

Séance du 19 Mai 1882.

PRÉSIDENCE DE M. Émile TRÉLAT.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 5 mai est adopté.

M. LE PRÉSIDENT fait part du décès de M. Gallais Adolphe, ancien élève de l'École des Arts et Manufactures, ingénieur au chemin de fer du Nord-Espagne.

M. LE PRÉSIDENT annonce que M. Aylmer a été nommé commandeur de l'ordre d'Isabelle la Catholique; M. Courtier, chevalier de l'ordre du Nicham et que M. Armengaud jeune, a reçu la décoration de l'ordre de Saint-Stanislas de Russie.

M. LE PRÉSIDENT. Dans la séance du 28 avril dernier, M. Quéruel nous a soumis ses idées sur la thermodynamique, personne n'a réclamé la discussion de cette communication, qui a été imprimée dans nos comptes rendus. Bien qu'il soit établi que les opinions des membres n'engagent en rien la Société, le sujet traité est trop grave, et M. Quéruel a mis en scène d'une manière trop vive les savants les plus autorisés dans la thermodynamique pour que je n'aie pas cru convenable de prier un membre du bureau, M. Brüll, de vous parler pendant quelques instants sur la communication de M. Quéruel.

M. Brüll a la parole.

M. HAUET. Je demande la parole pour un rappel au règlement. Nous avons vu dans l'ordre du jour, que M. Brüll parlerait au nom du Bureau ; cela voudrait dire : au nom de la Société. Je ne prends parti ni pour l'opinion de M. Quéruel, ni pour l'opinion de M. Brüll, que je ne connais pas encore. Je demande si c'est au nom du Bureau que M. Brüll prend la parole ?

M. LE PRÉSIDENT. C'est le Président qui a demandé à M. Brüll de prendre la parole.

M. HAUET. Je prends la liberté de faire observer à M. le Président, que si M. Brüll parlait au nom du Bureau, la Société prendrait par ce fait la responsabilité de ce que dirait M. Brüll.

M. QUÉRUEL. Précisément !

M. LE PRÉSIDENT. Je rappelle que j'ai demandé, dans la séance du 28 avril, si quelqu'un désirait une discussion sur la communication de M. Quéruel. M. Casalonga, seul, a demandé la parole. Quand je l'ai interrogé sur la portée de ce qu'il voulait dire, il m'a répondu qu'il n'entendait pas ouvrir une discussion sur la communication. Dans cette circonstance, le Président donne la parole à M. Brüll pour parler à la Société sur ce sujet.

M. QUÉRUEL. Je demande la parole sur cette question, elle m'intéresse, je pense, plus que personne, et je ne crois pas que la parole puisse m'être refusée. Consultez la réunion, c'est le moyen le plus simple et le plus naturel.

M. LE PRÉSIDENT. Sur quoi consulter la réunion ?

M. QUÉRUEL. Pour savoir si le Président peut me refuser la parole.

M. LE PRÉSIDENT. Vous me demandez la parole quand je la donne à une autre personne, je ne puis vous donner satisfaction.

M. HAUET. Avec toute la déférence que je vous dois, M. le Président, je désire savoir si M. Brüll prend la parole au nom de la Société ou en son nom personnel.

M. LE PRÉSIDENT. C'est en son nom personnel.

M. HAUET. Je me déclare satisfait.

M. QUÉRUEL. Alors, M. le Président, permettez.

M. LE PRÉSIDENT. Vous n'avez pas la parole.

M. QUÉRUEL. Je la demande.

M. LE PRÉSIDENT. Je ne vous la donne pas.

M. Quéruel. C'est excessivement regrettable. J'espère l'avoir après la lecture du mémoire.

M. le Président. M. Brüll, veuillez, je vous prie, prendre la parole.

M. Brull. Messieurs, dans l'avant-dernière séance, notre honorable collègue, M. Quéruel, vous a présenté des considérations expérimentales sur la thermodynamique.

Il vous a exposé que, bien qu'il ait travaillé pendant plusieurs années à l'étude de la vapeur et qu'il ait fait construire un type nouveau de moteur, il n'avait pu trouver, dans les faits de sa pratique, la confirmation des principes qui se professent couramment aujourd'hui sur ces difficiles matières.

Il lui a même semblé que certaines expériences calorimétriques, certaines observations de phénomènes physiques et physiologiques, pouvaient l'autoriser à croire que les savants qui ont enrichi la science de ces nobles découvertes dont le faisceau constitue la thermodynamique, auraient été le jouet de l'erreur, et que, tandis qu'ils consacrent leurs veilles à pénétrer de plus en plus avant, à la lumière de ces principes nouveaux, dans les lois intimes des transformations de l'énergie, ils se laisseraient aveugler par des lueurs décevantes.

Ainsi, d'après M. Quéruel, les faits ne confirmeraient pas la production du travail par la chaleur ou la transformation de la chaleur en travail mécanique; l'équivalence de la chaleur et du travail serait un leurre, car l'équivalent, que nous considérons tous comme égal à 424 environ, prendrait une valeur différente pour chaque machine et pour chaque cas considéré; les diagrammes de l'indicateur de Watt ne devraient pas être interprétés comme nous le faisons chaque jour ; les êtres animés n'emploieraient pas les éléments oxydables qu'ils s'assimilent pour produire du travail et pour lutter contre le refroidissement.

Vous vous êtes étonnés, Messieurs, d'entendre émettre ces opinions pour le moins hasardées et vous avez pu penser que votre comité, gardien de votre ordre du jour, aurait pu vous éviter l'exposé de doctrines aussi peu justifiées.

Quand le mémoire de M. Quéruel nous a été remis, nous l'avons fait examiner et l'on a représenté à l'auteur que son travail, tout en renfermant d'intéressants résultats de longues recherches, sentait fortement l'hérésie dans sa partie théorique, et qu'il ferait sagement de limiter sa communication à la partie technique du sujet.

Il n'a pas été tenu compte suffisamment de nos recommandations, car l'exposé s'est étendu à des considérations théoriques assez développées.

Nous aurions aimé abréger fortement le compte rendu de ce travail; mais l'auteur a insisté pour que le procès-verbal contînt la mention de tous les points qu'il avait traités.

Il est vrai qu'à l'issue de la communication, M. Jules Armengaud, avec la compétence que nous lui reconnaissons tous sur ces questions, a réfuté dans une brillante improvisation, les erreurs les plus graves du mémoire.

Il est vrai encore que chaque exemplaire de nos comptes rendus porte explicitement que la Société ne se tient pas pour responsable des opinions de ses membres.

Et malgré tout cela, Messieurs, votre comité a cru de son devoir, en raison de l'importance du sujet, sans vouloir faire ici profession de doctrine, de repousser d'une façon spéciale toute solidarité qu'on voudrait, au dehors, attribuer à la Société, dans les opinions émises à notre dernière séance.

Nous nous permettons donc d'examiner rapidement devant vous les six points qui ont été traités dans le mémoire.

Premier cas. — MM. Hirn et Zeuner discutent en ce moment à propos de l'influence relative du métal du cylindre et de l'eau mêlée à la vapeur sur le refroidissement de celle-ci pendant la période d'admission ; mais ils sont bien d'accord, et avec eux, tous les savants qui ont étudié la production du travail à l'aide de la chaleur, et, avec eux aussi, tous les ingénieurs qui appliquent chaque jour les découvertes de ces savants à l'étude des machines thermiques, sur ce fait bien simple, que l'aire de la courbe tracée par un indicateur bien construit et bien employé représente, à une échelle appropriée, la chaleur transformée en travail sur une des faces du piston.

Cet accord unanime surprend M. Quéruel ; suivant lui. « La logique indi-« querait que les mouvements de chaleur sont restreints aux détentes et « aux compressions, et que les périodes d'écoulement sont sans effet. En « d'autres termes, dans l'aire du diagramme, le triangle curviligne repré-« sente seul la fonction de l'équivalence, la partie rectangulaire y demeu-« rerait tout à fait étrangère. »

Nous chercherons à rectifier en peu de mots cette opinion.

Pendant la période d'admission, la vapeur arrive à flots sur le piston ; dans aucune des autres phases, on ne voit plus clairement les calories affluer de la chaudière dans le cylindre ; c'est le moment de la plus grande dépense de chaleur.

Pendant l'admission, le piston avance avec une force proportionnelle à sa surface et à la différence entre la pression de la vapeur admise et la pression de la vapeur qui s'échappe. Le piston fournit un travail égal au produit de cette force par le chemin parcouru pendant l'admission. C'est un travail relativement considérable. Dans aucune autre période, on ne voit le travail se produire plus directement et plus abondamment.

Pour rendre sensible le mécanisme par lequel la chaleur puisée dans le générateur se transforme en travail recueilli par la machine, prenons l'exemple simple d'une machine sans détente.

Concevons un cylindre vertical dont la partie inférieure soit remplie d'eau chaude à une certaine pression. Le piston, au bas de sa course, repose sur cette eau dont il est séparé par un diaphragme muni d'une lumière.

Si l'on fournit à l'eau assez de chaleur pour former une cylindrée

de vapeur à la pression considérée, le piston s'élèvera jusqu'en haut du cylindre.

Que l'on isole alors le cylindre du générateur et qu'on le mette en communication avec l'atmosphère ou avec le condenseur, la pression s'abaissera en même temps que la vapeur se refroidira et se condensera. Pendant la descente du piston, une grande partie de la chaleur précédemment fournie s'écoulera au dehors.

C'est la partie complémentaire qui a produit le travail engendré.

Or, dans cette machine élémentaire, l'indicateur fournit à peu près un rectangle dont un des côtés mesure la course du piston et l'autre mesure la différence des pressions du générateur et du condenseur.

L'aire de ce rectangle représente le travail produit et, à une échelle convenable, elle représente la portion de chaleur transformée en travail.

La chaleur transformée est la différence entre la chaleur fournie par le générateur et celle restituée au condenseur.

Et le quotient du premier nombre par le second est le rendement thermique de la machine, c'est-à-dire le rendement idéal, vers lequel on doit tendre, sans jamais l'atteindre, en évitant les pertes de pression entre le générateur et le cylindre, en réduisant les espaces nuisibles, en atténuant les déperditions, la contre-pression à l'échappement et toutes les autres causes de perte.

Si l'auteur du mémoire avait considéré un seul instant ce cas si simple, il n'aurait pas songé à retrancher du diagramme la partie rectangulaire, puisque cela reviendrait à le supprimer complètement.

Quant au problème de la machine frigorifique, il a été traité supérieurement par M. Jules Armengaud et nous ne pouvons que renvoyer à l'étude de son mémoire ou à l'analyse qui en a été présentée à la Société le 22 août 1873.

Second cas. — Un palier fortement chargé doit consommer par frottement une grande quantité du travail mécanique et produire, par suite, une grande quantité de chaleur. L'auteur n'a pas pu constater cette production de chaleur, et il lui vient à ce sujet des doutes sur la vérité de l'équivalence de la chaleur et du travail.

Nous passons à dessein sous silence les chiffres avancés à l'appui du raisonnement, parce qu'on ne dit pas s'ils ont été déduits d'expériences sérieuses ou calculés d'après quelque formulaire. Or, tous les mécaniciens savent que les coefficients de frottement indiqués dans ces ouvrages, à la fois si utiles et si dangereux, sont considérablement trop élevés pour des organes de machines bien combinées, en bon état et soigneusement lubrifiées.

L'explication demandée est tellement simple que nous ne la présentons que pour être complets.

Le palier qu'on met en service s'échauffe, c'est-à-dire que sa tempéra-

ture s'élève graduellement au-dessus de celle des pièces inertes de la machine.

Mais par le fait même de cet excédent de température, la chaleur s'écoule peu à peu par conductibilité dans la masse métallique, et, de là, par de grandes surfaces, se répand dans l'air ambiant, plus ou moins renouvelé.

Tant que cet écoulement de chaleur n'est pas aussi rapide que la production par la transformation du travail, le palier continue à s'échauffer.

Plus l'écart de température s'accentue, plus l'écoulement de chaleur s'active, et l'échauffement dure ainsi jusqu'à ce que l'écart de températures soit assez grand pour provoquer un écoulement juste égal à la production.

A partir de ce moment l'excès de température reste constant tant que les conditions de marche se conservent.

Lorsque tout est bien réglé, l'excès de température est faible; s'il est très sensible, on dit, en pratique, que le palier chauffe.

La quantité de chaleur qui se produit dans ces conditions est proportionnelle à la quantité de travail consommé en frottement, à moins cependant qu'il n'y ait déformation et usure des parties en contact, auquel cas il faudrait déduire du travail total la partie employée à ces déformations.

Et cette proportionnalité est tellement rigoureuse qu'en disposant habilement les choses pour des mesures calorimétriques, M. Joule a pu déterminer, avec une suffisante exactitude, l'équivalent mécanique de la chaleur en évaluant la chaleur produite par deux pièces frottant l'une sur l'autre sous des charges variables.

Troisième cas. — Un homme qui développe habituellement de grands efforts musculaires est souvent en sueur, alors que l'oisif a froid et s'enveloppe de fourrures. M. Quéruel croit que le premier ne mange pas plus que le second et s'étonne qu'il puisse avoir si chaud tout en produisant tant de travail mécanique.

Ici encore nous laisserons de côté les chiffres qui ne nous ont pas paru exacts.

Il ne résulte pas non plus des faits que nous avons chaque jour sous les yeux que le travailleur s'assimile par l'alimentation moins d'éléments combustibles que l'oisif. Sans doute le pauvre puise ses éléments de chaleur à des sources moins coûteuses que le riche, mais le prix des calories ne fait rien à l'affaire.

Ne voyons-nous pas souvent un homme s'épuiser et maigrir s'il endure pendant quelque temps plus de fatigue que n'en comporte son alimentation? Est-ce que l'administration militaire n'augmente pas la ration du soldat en campagne? La Compagnie des Omnibus nourrit-elle de même les chevaux en service et les chevaux au repos?

D'ailleurs les êtres vivants, pas plus que les autres machines thermiques, ne transforment en travail la totalité de la chaleur qu'ils reçoivent. Pour les animaux comme pour les machines, une faible portion seulement de la chaleur fournie est transformée en travail. Et chez les uns comme

pour les autres, le nombre de calories transformées en kilogrammètres est une fraction déterminée du nombre total de calories introduites, et par suite aussi une fraction déterminée de la différence, c'est-à-dire de la chaleur expulsée à l'état sensible.

Ces deux dernières quantités varient proportionnellement dans un même appareil, de sorte que tout animal comme toute machine ne peut augmenter sa production de travail sans augmenter en même temps sa production de chaleur sensible.

Il est tout aussi naturel de voir le travailleur produire plus de chaleur que l'oisif, que de voir une machine à vapeur envoyer plus de chaleur au condenseur à mesure qu'elle livre plus de travail sur l'arbre moteur.

Quatrième cas. — Lorsqu'un gaz comprimé s'écoule librement dans le vide, il n'y a pas variation de température entre deux états d'équilibre. L'auteur du mémoire considère ce fait comme contradictoire aux lois thermodynamiques.

Le fait est bien exact et a été établi, en 1848, par M. Joule.

Dans un calorimètre à eau, on avait disposé deux ballons de cuivre réunis par un tube qui pouvait être fermé au moyen d'un robinet. L'un des ballons contenait de l'air à la pression de 21 atmosphères, l'autre était vide. Après avoir ouvert pendant un certain temps le robinet, on laissa l'équilibre se rétablir dans les ballons, et on ne constata dans le calorimètre aucun changement de la température.

Mais ce fait n'est nullement en contradiction avec la théorie et s'en déduit, au contraire, le plus simplement du monde.

En effet, lorsque l'unité de poids d'un gaz passe du volume v_1, de la pression p_1, et de la température absolue t_1 au volume v_2, à la pression p_2 et à la température t_2, si l'on connaît la loi suivant laquelle, pendant ce changement d'état, la pression extérieure p' a varié avec le volume, on peut calculer la variation de la quantité de chaleur du gaz.

Cette quantité est donnée par la relation :

$$Q = c\,(t_2 - t_1) + A \int_{v_1}^{v_2} p'\,dv,$$

qui veut dire simplement que la variation de chaleur totale est la somme de la variation de chaleur sensible et de la variation de travail.

Si donc la pression extérieure p' est constamment nulle et si de plus il n'y a eu ni introduction ni soustraction de chaleur, on aura :

$$c\,(t_2 - t_1) = o,$$

d'où :

$$t_2 = t_1;$$

c'est-à-dire que la température, après le changement d'état et le rétablissement de l'équilibre, sera la même qu'avant l'opération.

Si le vase dans lequel l'écoulement a lieu n'est pas constamment vide, mais rempli d'air à une pression plus faible que celle du premier vase, on détermine aisément, par les lois de Gay-Lussac et de Mariotte, et par la loi de Poisson, les conditions thermiques du gaz de l'un et l'autre récipient après un certain écoulement et le rétablissement de l'équilibre.

Dans ce cas, il y a un travail produit par l'air du récipient comprimé et un travail reçu par l'autre vase. Aussi la théorie, comme l'expérience, montre-t-elle qu'il y a refroidissement dans le premier ballon et réchauffement dans le second.

Et comme il n'y a aucun travail extérieur accompli, il n'y a pas non plus de variations dans la chaleur totale et le calorimètre n'indique aucun changement de température de l'ensemble de l'appareil.

Cet intéressant problème a été résolu pour la première fois par Bauschinger, et on le trouve expliqué, sous diverses formes, dans les livres de thermodynamique.

Le calcul montre aussi bien clairement que les choses se passent tout autrement lorsqu'un gaz comprimé, au lieu de s'échauffer librement dans le vide, se dilate en repoussant un obstacle et produisant du travail, il se refroidit alors et l'expérience enseigne qu'avec de l'air humide, il se produit, dans ces conditions, des particules de givre qui gênent quelquefois la marche des appareils.

Cinquième cas. — M. Quéruel n'a pas pu, à la suite d'observations laborieuses sur la chaleur fournie à un moteur à vapeur et sur la chaleur versée au condenseur, retrouver en balance l'équivalent du travail livré par la machine.

Comme l'a fort bien dit M. Armengaud, cela n'est pas fait pour nous surprendre; non, que personne mette ici en doute la conscience et l'habileté que notre honorable collègue a apportées à ses expériences, mais parce que, pour établir sur une machine à vapeur cette balance des calories reçues et livrées, il faut des moyens d'une grande précision, il faut faire intervenir bien des éléments de correction.

Et comme la chaleur transformée en travail ne peut être qu'une faible fraction de la chaleur totale, les erreurs de mesure et de calcul se font lourdement sentir sur le résultat.

Si vous voulez reporter votre souvenir à l'importante communication de M. Leloutre sur ces questions, vous reconnaîtrez combien ces sortes d'études sont minutieuses et difficiles.

Sixième cas. — Nous ne pourrons guère suivre l'auteur du mémoire dans la discussion métaphysique qu'il a intitulée : *Expériences fondamentales de la thermodynamique.* Les réfutations élémentaires qui précèdent montrent, croyons-nous, que ces spéculations transcendantes ne reposent pas sur des bases suffisamment sûres.

En résumé, Messieurs, vous voyez que les objections présentées dans l'avant-dernière séance à la théorie universellement admise de la conservation de l'énergie, de l'équivalence de la chaleur et du travail dans leurs transformations réciproques, n'étaient pas justifiées par de solides raisons.

Elles semblent provenir d'observations insuffisantes ou d'expériences trop peu précises, par leur nature même, pour donner les résultats qu'on a cru pouvoir leur demander.

Vous voyez que les doutes émis, les obscurités où l'on se débat sont faciles à éclaircir.

Il ne saurait suffire de quelques faits recueillis sans une suffisante exactitude, et plus ou moins correctement interprétés, pour s'inscrire en faux contre des théories qui font honneur à notre siècle et qui font faire tant de progrès à l'utilisation de la chaleur pour la production du travail.

M. Quéruel. Je demande la parole.

M. le Président. M. Quéruel, pardon ! je ne puis pas vous donner la parole, à moins que vous ne disiez : Je désire qu'une discussion ait lieu sur ma communication; et dans ce cas j'aurai à examiner en temps opportun si votre désir peut être satisfait. Est-ce pour cela que vous demandez la parole ?

M. Quéruel. Je ne crois pas qu'on puisse m'empêcher de dire quelques mots.

M. le Président. La séance est extrêmement chargée, je ne puis pas vous donner la parole.

Voix diverses. Si ! si !

M. le Président. Non, je ne puis pas !

M. Quéruel. Jamais cela ne s'est vu !

M. le Président. Je suis à la disposition de l'Assemblée. Voulez-vous une discussion ?

M. Gillot. Je demande la parole.

M. le Président. Est-ce pour demander une discussion ?

M. Gillot. Non, M. le Président.

M. le Président. Dans ce cas, je ne puis pas vous donner la parole.

Messieurs, quel est le rôle d'un Président en séance, si ce n'est d'administrer l'ordre du jour. Vous avez entre les mains celui d'aujourd'hui et vous le connaissez tous ? Vous me reprocheriez certainement de ne pas tenir à ce que l'ordre du jour fût suivi dans la discussion (*marques unanimes d'assentiment*). J'ai d'autant plus lieu d'insister ici sur le stricte accomplissement de mon devoir, que j'ai aussi la responsabilité de la courtoisie de la Société. Je fais des excuses aux personnes qui ont bien voulu répondre à notre invitation. Nous avons l'honneur d'avoir ici M. Bouquet de la Grye et M. le baron de Derschau, ingénieur Russe, qui m'a demandé dix minutes dans cette séance.

M. le baron de Derschau vous avez la parole.

M. le Baron de Derschau donne lecture de son mémoire sur l'épuration

de l'eau d'alimentation des chaudières, qui sera publié *in extenso* dans nos Bulletins

M. LE PRÉSIDENT. Je remercie M. le baron de Derschau de son intéressante communication.

M. COTARD a la parole pour la discussion de la communication de M. Bouquet de la Grye sur « Paris port de mer. »

M. COTARD. La question de *Paris port de mer* a toujours eu le privilège d'attirer l'attention du public; son seul énoncé réunit, en effet, en peu de mots un ensemble d'idées assez saisissantes; aussi a-t-elle donné naissance à de nombreux projets. Le travail de M. Bouquet de la Grye, ingénieur de l'État, ne pouvait donc manquer d'exciter un vif intérêt et nous devons remercier cet ingénieur d'avoir bien voulu faire à notre Société l'exposé de la solution qu'il propose.

J'avais lu sa brochure avec le plus grand soin; car cette étude m'intéressait tout particulièrement et à divers points de vue. J'avais, en effet, peu de temps auparavant, traité, devant la Société, la question de l'amélioration des conditions de navigabilité des rivières et j'étais arrivé à cette conclusion que la solution de ce problème devait, en général, être recherchée dans des relèvements de plans d'eau.

Bien que je n'aie pas eu la prétention de poser un principe absolu, et que, notamment, je n'aie pas eu en vue, dans la théorie que j'ai exposée, la portion en quelque sorte maritime du cours inférieur ou des embouchures des fleuves, néanmoins, le système proposé par M. Bouquet de la Grye, consistant à abaisser le niveau de la Seine sur un parcours de plus de 150 kilomètres, était en trop complète opposition avec mes conclusions pour que je ne fusse point frappé d'un tel désaccord.

Je me suis donc efforcé de me rendre un compte aussi exact que possible du projet de M. Bouquet de la Grye, et je vais me permettre de présenter les observations que cet examen m'a suggérées.

Tout d'abord, l'auteur mentionne, au début de sa brochure, qu'un projet, conçu il y a une cinquantaine d'années et portant le nom d'ingénieurs éminents, avait déjà établi la possibilité d'amener des navires jusqu'à Bezons au moyen d'un canal éclusé de six mètres de profondeur et que la dépense d'établissement de cette grande voie navigable depuis la mer jusqu'aux portes de Paris, avait été évaluée à 140 millions de francs. Le devis du projet de M. Bouquet de la Grye s'élevant, d'après ses propres évaluations et même en déduisant les 84 millions prévus pour les ouvrages de Poissy et le port de Paris, à 232 millions, il eût été intéressant de mettre en parallèle les deux solutions et de montrer les avantages correspondant, dans la pensée de l'auteur, à ce surcroît de dépense de près de cent millions de francs.

On trouve d'intéressants renseignements sur l'historique de cette question dans un compte rendu publié au *Journal officiel*, le 12 avril 1876, à l'occasion du beau mémoire de M. l'ingénieur Boulé sur les « barrages mobiles

à grande chute. » C'est en 1824, en inaugurant le canal Saint-Martin que le roi Charles X exprima le désir de voir Paris devenir un port maritime. Une ordonnance royale autorisa, dès l'année suivante, une Compagnie à faire les études nécessaires pour établir une navigation à grand tirant d'eau entre Paris et la mer.

L'ingénieur Frimot avait, dès le début, parfaitement posé la question. Il proposait de construire des barrages, au nombre de dix, sur la Seine, pour élever son niveau, et de draguer les hauts fonds de manière à obtenir un mouillage de 5 à 6 mètres de Paris jusqu'à Rouen. La seule difficulté résidait alors dans l'exécution d'un système de barrages dont l'effet fût tel : 1° qu'en tous temps le niveau ne puisse s'abaisser au-dessous du plan d'eau de flottaison; 2° qu'il n'exhausse pas le niveau des crues; 3° qu'il ne donne lieu à aucun atterrissement tant en amont qu'en aval; 4° qu'il fournisse un libre passage aux corps flottants.

C'est en ces termes que l'ingénieur Frimot définissait, avec une précision remarquable, les conditions du problème qui devait être résolu sept ans plus tard par l'ingénieur Poirée au moyen des barrages mobiles. Ce système, peu à peu perfectionné, et tout récemment encore, par une ingénieuse disposition de M. Boulé, a fait presque complètement disparaître les difficultés contre lesquelles se heurtait, il y a cinquante ans, l'art de l'ingénieur.

La solution indiquée par Frimot, devenue possible aujourd'hui par la construction de barrages mobiles à grande chute, méritait donc, dans l'exposé de M. Bouquet de la Grye, un peu mieux qu'une simple mention. On ne saurait, en effet, écarter sommairement une telle solution dont l'étude a fait l'objet de nombreux mémoires portant les noms bien connus de Bérigny, Brisson, Fresnel, Prony, Cavenne, Flachat, Bayard de la Vingtrie, Tarbé de Vauxclairs, Dausse, Michal, Krantz et autres.

M. Bouquet de la Grye passe ensuite à diverses considérations théoriques sur le régime des rivières. Il range les cours d'eau en trois catégories : ceux qui entraînent dans leurs crues des matériaux arrachés à leurs bords; ceux qui se bornent à remanier leurs lits; et ceux, enfin, qui, coulant lentement, n'entraînent presque rien avec eux. Dans cette dernière catégorie; l'auteur classe notamment la Seine et il ajoute que, lorsqu'un fleuve est ainsi constitué, son lit affecte une forme sinueuse, ses eaux ont peu de courant, et leur profondeur relative est grande. Cette classification en trois catégories, qui peut séduire par sa simplicité, s'accorde difficilement avec la multiplicité des conditions que présentent les cours d'eau. La conséquence qu'en tire M. Bouquet de la Grye ne semble surtout pas bien exacte.

Je crois avoir montré, dans mes précédentes communications, que la forme sinueuse des cours d'eau ne provient pas de l'absence de matériaux charriés, mais bien de l'insuffisante solidité du lit qui a forcé le fleuve à allonger son parcours jusqu'à ce que, la pente et la vitesse diminuant, il y ait équilibre entre l'action du courant et la résistance du sol. Dire que la forme du lit est sinueuse parce qu'il n'y a pas d'entraînement de matériaux serait prendre l'effet pour la cause. C'est parce que le lit est devenu suffi-

samment sinueux qu'il n'y a plus d'entraînements. Cela est si vrai que l'on peut provoquer des entraînements dans une rivière où il ne s'en produit plus et rompre la stabilité de son lit, en supprimant ses sinuosités ou en draguant ses hauts fonds. Ce point a, comme on va le voir, son importance.

Il paraît aussi fort contestable que les fleuves qui se bornent à remanier leurs berges, réduisent en limon, du moins en proportion notable, les matériaux affouillés. Ils mettent seulement en suspension les parties fines et légères du sol remué et les emportent sous forme de limon et de troubles. Ce sont des ateliers de triage et non de broyage.

Quant à la profondeur, les maigres de la Seine, cités comme exemple, n'ont guère que 50 centimètres de plus que ceux de la Loire, du Rhône et de la Garonne. C'est un bien mince écart en faveur d'un fleuve dont les sinuosités devraient, suivant la théorie de l'auteur, correspondre à un lit plus profond. Ce n'est assurément pas non plus cette faible différence de tirant d'eau qui peut autoriser à conclure que pour donner à ces différents fleuves des profondeurs de six mètres, problème qu'il est d'ailleurs fort douteux qu'on ait jamais à résoudre pour beaucoup de cours d'eau, il faille recourir à des solutions absolument différentes.

Ajoutons, d'ailleurs, que la conclusion de l'auteur relativement au choix de la solution à adopter dans les divers cas, est tout l'opposé des idées généralement admises. D'après M. Bouquet de la Grye, lorsqu'il s'agit d'un fleuve à entraînements, il faut recourir aux barrages et aux écluses; pour les autres on doit arriver à supprimer les barrages en draguant le fond à la profondeur voulue. La plupart des ingénieurs pensent, au contraire, que l'établissement de barrages éclusés, qui présente des grandes difficultés dans les fleuves à lit instable et à pente rapide, s'applique d'autant mieux que le cours d'eau est plus tranquille.

Il convient, du reste, de laisser à leur place et pour ce qu'elles valent, les critiques de parti pris soulevées dans ces derniers temps contre les écluses; car, les écluses, avec tous les perfectionnements qui ont été apportés à leur construction et à leur fonctionnement, sont un instrument des plus précieux pour l'établissement des voies de navigation intérieure.

Examinons maintenant le projet en lui-même. Ce projet consiste à draguer en pleine Seine, depuis Rouen jusqu'à Poissy, c'est-à-dire sur 165 kilomètres, un chenal de 45 mètres de largeur au plafond, à des profondeurs, au-dessous du niveau de la mer, de $4^{m},77$ à Rouen et de $1^{m},38$ à Poissy, ce qui correspond à une excavation atteignant progressivement 15 à 16 mètres, et à un abaissement du plan d'eau de la Seine d'une douzaine de mètres vers l'extrémité du côté de Poissy. En ce point, un groupe d'écluses met cette extrémité du chenal en communication avec un canal qui, aérien sur une partie de son parcours, aboutit à Saint-Denis.

On doit tout d'abord se demander quel sera le régime du fleuve dans son nouveau lit et à quelles actions les berges seront exposées.

L'auteur indique que les vitesses du courant pendant les crues pourront atteindre 2 mètres par seconde, pour le débit maximum de 2,500 mètres

cubes. La section mouillée devant alors avoir 1,250 mètres carrés, l'élévation de niveau dans le chenal sera d'environ 9 mètres. La cuvette proprement dite du chenal sera généralement comprise dans le terrain calcaire et pourra sans doute résister à l'action des courants; mais en sera-t-il de même de la couche supérieure en sable et gravier et peut-on admettre que des talus inclinés, comme l'auteur le suppose, à deux pour un, ne seront pas attaqués par des courants atteignant 2 mètres par seconde avec des variations de niveau d'une amplitude de près de 10 mètres?

Le creusement artificiel du lit ne va-t-il pas en outre modifier complètement le caractère même du fleuve? Encore une fois, l'absence de matériaux apportés d'amont n'empêchera nullement les phénomènes d'érosion, d'entraînements et de formation de hauts fonds de se produire dans le nouveau lit créé, et il est à craindre que le fleuve ainsi approfondi ne puisse plus être maintenu dans la catégorie où l'auteur du projet l'avait classé.

Une telle transformation du fleuve dans sa section et dans son régime est, en effet, de nature à faire naître des difficultés de maintien de berges et de tirant d'eau analogues à celles contre lesquelles ont généralement échoué les tentatives de régularisation de lit, d'approfondissement et de dérasement de seuils. Il eût été tout au moins bien nécessaire d'étudier les moyens à employer pour protéger les berges du chenal soit en leur donnant des parois résistantes, soit en adoucissant leur inclinaison dans toute la partie sableuse et surtout dans celle qui correspond aux variations du niveau des eaux. Il n'a pas été tenu compte, dans le devis, du surcroît de dépenses pouvant résulter de ces revêtements ou de l'augmentation du cube des déblais.

L'auteur s'est sans doute inspiré, dans la conception de son projet, des résultats obtenus, par approfondissement de lit, à l'embouchure de certains fleuves et notamment dans la Tyne et la Clyde, en Angleterre. Mais là, le problème était tout autre. Il s'agissait simplement d'ouvrir un chenal de peu d'étendue dans lequel pourrait se produire plus librement le jeu des marées. Il convient, en effet, de distinguer, pour chaque fleuve, la partie réellement fluviale de celle ou prédomine l'influence maritime. Chacune de ces parties exige un mode spécial de traitement, c'est ce qu'ont compris MM. de Coene et Vauthier en considérant isolément la question de l'amélioration de la Seine maritime et de son embouchure. Dans la partie fluviale, il faut généralement opérer par relèvements de plans d'eau et la Seine ne paraît pas devoir faire exception à cette règle. Pour la partie maritime, de longueur variable dans les différents fleuves, mais toujours relativement courte, la question se réduit, en général, au creusement d'un chenal allant à la mer aussi directement que possible. Dans le cours des rivières, le dérasement des seuils doit être évité parce qu'il amène l'abaissement progressif des eaux d'amont; aux embouchures cet inconvénient n'existe pas et il y a tout avantage à ouvrir au mouvement alternatif des marées des chenaux plus profonds et plus directs. Les procédés à employer sont donc absolument différents. Quant au système des courbures du lit en

forme de sinusoïde, système mis d'une manière bien inattendue au rang des grandes découvertes des temps modernes, c'est un procédé qui a complètement échoué dans les rivières; il paraît encore moins justifié quand il s'agit de recevoir et de propager le plus loin possible les courants variables des marées.

Jusqu'où, dans les méandres de la Seine, la partie à régime maritime peut-elle être prolongée? Probablement jusqu'en amont de l'utile coupure de la boucle d'Oissel, assurément pas jusqu'à Poissy.

On se demande d'ailleurs si la navigation serait bien commode pour de grands bateaux dans un chenal présentant une succession de courbes avec des courants très variables et atteignant parfois d'assez grandes vitesses.

Notons ici, en passant, que l'auteur qui objecte si vivement, contre l'emploi des écluses, les pertes de temps que leur passage occasionne, ne se préoccupe nullement des allongements de parcours. Il est, dit-il, presque sans intérêt de diminuer la distance comprise entre Paris et Rouen; le prix du transport par mer est tellement minime que toute abréviation de parcours ne le diminuerait que dans une proportion infinitésimale. Il y a là une sorte de contradiction, car les écluses elles-mêmes ne font que correspondre à un certain allongement de parcours, allongement qui est d'ailleurs bien souvent compensé par une navigation plus facile dans des biefs de plus grande section et à cours plus tranquilles. Au surplus, l'auteur évite-t-il les écluses ? Nullement, il les accumule en un seul point, à Poissy, pour franchir la hauteur considérable de 35 mètres. Une telle disposition ne présente-t-elle pas les plus grands inconvénients en même temps que d'énormes difficultés d'exécution ?

Ces diverses objections ne sont pas les seules que soulève la création du chenal maritime projeté. On s'imagine malaisément que le plan d'eau habituel de la Seine puisse être ainsi abaissé sans causer de graves dommages à la région avoisinante et sans donner lieu à des difficultés presque insurmontables de la part des riverains. Le brillant avenir industriel que l'auteur entrevoit pour les rives de la Seine devenant une « rue bordée d'usines » peut avoir son prix; mais il y a d'autres intérêts en présence. Quel sera, par exemple, pour l'agriculture, le résultat de ce vaste drain, qui, en abaissant le niveau des eaux souterraines, menacera toute la région de sécheresse et qui en tous cas, ne pourra manquer de modifier d'une manière sensible le régime des eaux? Comment seront reçus, dans le cours abaissé du fleuve les divers affluents qui s'y jettent; et, aussi, comment sera conçu et exécuté le grand déversoir de Poissy qui devra pouvoir débiter jusqu'à 2.500 mètres cubes à la seconde sans endommager le lit ni les berges du chenal?

Il y a là tout un ensemble de questions bien ardues et bien complexes dont la solution ne s'aperçoit pas facilement et qui demanderait en tous cas, une étude approfondie.

L'auteur semble d'ailleurs redouter lui-même d'envisager la réalisation totale de son projet. Il propose de commencer par n'amener le plan d'eau

maritime que jusqu'à Vernon, remettant à plus tard l'approfondissement complémentaire de la Seine jusqu'à Poissy. Ce fractionnement du travail aurait cependant l'inconvénient de faire inutilement la grande dépense d'un barrage qui, placé à moitié chemin, devrait ensuite être enlevé.

D'ailleurs, si la solution d'un barrage éclusé à Vernon est rationnelle, pourquoi repousserait-on celle qui consiste à créer plusieurs barrages relevant les plans d'eau ? L'auteur a à démontrer pourquoi il préfère les réunir tous en un seul point, à Poissy, au lieu de les répartir le long du cours de la Seine.

Au point de vue du mode et du coût d'exécution des travaux, l'auteur n'est pas moins sobre d'explications. Il indique simplement que les produits des dragages seront déposés sur les berges au moyen de couloirs et il estime ce travail à 2 francs par mètre cube, en moyenne, y compris les terrains de roche calcaire. Ce seul énoncé est bien sommaire. On ne voit pas clairement comment des déblais dont le cube atteint 800 mètres au mètre courant pourront être versés et trouver place sur les berges. Une étude du profil en travers à créer serait indispensable pour déterminer le travail à exécuter et pour calculer les mouvements de terre qu'il comporte. Comment, sans une telle étude, fixer le coût du travail. L'exemple de prix de dragages réalisés dans d'autres circonstances ne saurait servir de base, tout au plus qu'en ce qui concerne le dragage proprement dit ; il reste à tenir compte de l'élément, spécial à chaque cas particulier et souvent le plus important, du transport des déblais.

L'auteur ne fournit non plus aucun détail sur le mode d'exécution, ni sur le coût des ouvrages de Poissy et du port de Paris. Ces ouvrages sont cependant bien importants. Ils comprennent notamment le déversoir avec ses radiers de protection, l'escalier d'écluse pour monter de la cote 4m,82 à la cote 40 soit d'une hauteur de 35 mètres, les énormes ponts-aqueducs capables de porter une tranche d'eau de 6 mètres, c'est-à-dire une charge de six tonnes par mètre carré, destinés à conduire le canal, au-dessus de la Seine, des chemins de fer et des constructions existantes, jusqu'à Saint-Denis, et, enfin, les appareils d'alimentation de cette nappe d'eau supérieure.

Si l'on considère en outre que tous ces travaux et notamment que les dragages du chenal maritime devront être exécutés sans interrompre la navigation actuellement existante, on sera frappé des difficultés exceptionnelles d'une telle entreprise et de l'absolue nécessité d'en appuyer la proposition sur une étude des plus complètes.

Avant cet examen, aucune évaluation de dépense ne saurait être sérieusement présentée ni soutenue.

Quelque hypothèse que l'on fasse d'ailleurs sur le montant total de la dépense, il paraît douteux que le trafic supposé de 4 millions de tonnes payant une taxe de 3 fr. 50 puisse rémunérer les capitaux engagés; même en y ajoutant le revenu éventuel de la chute d'eau variable de Poissy.

Ajoutons une dernière considération. Un tel projet, en supposant même

qu'il fût pratiquement réalisable et avantageux, serait-il bien opportun en ce moment ?

Depuis cinquante ans que l'on parle d'améliorer la navigation de la Seine, aucun résultat d'ensemble n'a encore été réalisé.

Dès 1834, des travaux ont été entrepris pour obtenir un tirant d'eau de 1m,60; mais, entre temps, d'autres projets ont été présentés en vue de donner une plus grande profondeur et, à chaque fois, les travaux commencés ont été abandonnés sous prétexte de faire mieux ; c'est à ce point qu'aujourd'hui encore, le tirant d'eau utile descend quelquefois à un mètre tout au plus sur certains seuils, notamment un dans la partie comprise entre Meulan et Mantes.

Nous ne rechercherons pas ici les raisons qui ont pu faire que les travaux ont toujours été exécutés dans la partie comprise entre Paris et l'embouchure de l'Oise et que les améliorations projetées ne se sont jamais étendues au-dessous.

Quoi qu'il en soit, ne convient-il pas de laisser enfin s'achever le projet actuel qui a pour but d'assurer un tirant d'eau de 3 mètres. Le mouillage de 3m,20 sera réalisé entre Paris à l'Oise, c'est encore la partie privilégiée, au commencement de l'année prochaine. Un an après, ce même mouillage sera prolongé jusqu'à Bercy. De l'Oise à Rouen, ce sera sans doute un peu plus long, mais enfin dans quelques années ce sera fini, si l'État le veut bien ; il importe donc avant tout que ce premier résultat soit obtenu, et pour cela il est sans doute prudent d'écarter tout prétexte à de nouveaux retards.

Mais, dira-t-on, ce n'est qu'une solution mixte, incomplète, qui dépasse les besoins de la batellerie fluviale sans donner accès aux bateaux de mer. Il n'en est pas moins vrai qu'un tirant d'eau de 3 mètres n'est pas à dédaigner, que c'est un premier pas fort important, que le projet en cours permet d'augmenter encore sans grandes dépenses le tirant d'eau prévu et qu'enfin les perfectionnements apportés au système de barrages peuvent faire prévoir la possibilité de réaliser ainsi finalement, par des améliorations successives, le projet autrefois conçu, d'ouvrir la Seine à une navigation vraiment maritime.

Le projet de faire de Paris un port de mer est, comme nous l'avons dit, depuis longtemps en faveur dans le public. On s'est aussi beaucoup engoué des canaux à niveau sans écluses. Cette direction d'idées n'a sans doute pas été sans influence sur la reprise du projet par M. Bouquet de la Grye et sur le choix de la solution qu'il propose.

Le rôle des ingénieurs, parfois assez ingrat, est de soumettre toutes les conceptions de ce genre au contrôle rigoureux, technique et pratique de leur art.

M. Bouquet de la Grye ne m'en voudra donc pas de la liberté que j'ai prise de lui présenter les quelques observations que m'a suggérées la lecture de son intéressante étude.

M. LE PRÉSIDENT. M. Bouquet de la Grye, désirez-vous répondre immédiatement aux objections de M. Cotard ?

M. Bouquet de la Grye. Oui, M. le Président.

M. Deligny. Je désirerais faire quelques objections au projet, et M. Bouquet de la Grye pourra peut-être y répondre en même temps qu'à celles qui viennent d'être faites par M. Cotard.

M. Bouquet de la Grye. Volontiers.

M. Deligny. Il y a quelques années, lorsque le gouvernement a demandé l'approfondissement de la Seine à 3m,20, l'état de la batellerie était excessivement précaire. On avait voté les fonds pour permettre d'obtenir dans la Seine un tirant d'eau de 2m,20. Le projet avait été soumis à l'étude et à toutes les vérifications, et lorsqu'il fut exécuté, le résultat ne fut pas du tout ce qu'on avait espéré. Voici le motif capital de cet insuccès.

Les projets pour établir un tirant d'eau de 2m,20, entre Paris et Rouen avaient été faits par l'Administration, en tenant compte de la pente que prendrait le fleuve eu égard au débit, c'est-à-dire aux remous; dans la pratique, le remous n'eut pas eu lieu. C'est ainsi qu'entre Meulan et Mantes, au lieu de 2 mètres, de tirant d'eau, on n'a eu misérablement qu'un mètre. Ceci tient à ce que quelquefois la Seine descend à un débit de 45 mètres par seconde, de sorte qu'il n'y a plus de remous du tout; les 12 mètres d'abaissement que M. Bouquet de la Grye a calculés comme devant être réalisés à Poissy ne me semblent pas suffisants, j'estime qu'ils devraient aller à 18 mètres, ce qui renverserait complètement tout ce qui a été dit.

M. le Président. M. Bouquet de la Grye a la parole.

M. Bouquet de la Grye. Je puis tranquilliser tout d'abord l'honorable membre du conseil municipal, M. Deligny; le remous provenant de la forme du lit a été calculé en tenant compte de l'angle des courbures, il est très faible en raison de la faible vitesse de l'eau dans un canal qui n'a qu'une pente de 22 millimètres par kilomètre, soit 3.38 entre Paris et Rouen.

Ma réponse faite aux objections présentées par mon honorable contradicteur, M. Cotard, sera un peu plus longue; je suivrai, autant que possible, l'ordre dans lequel il a exposé ses critiques.

1° La solution indiquée par M. Frimot « méritait donc dans l'exposé de M. Bouquet de la Grye un peu plus qu'une simple mention. »

L'historique de la question ne pouvait entrer dans le cadre bien restreint intitulé *Résumé d'une étude;* il aurait allongé presque inutilement la communication faite devant votre Société, mais je l'ai exposé longuement le 16 courant devant la Société de Géographie commerciale. M. Frimot a été cité comme ayant montré l'inutilité de la création de canaux latéraux, ainsi que la difficulté de leur construction.

2° M. Cotard critique la division des rivières en catégories, il a vu surtout leur côté fluvial et ne croit pas aux avantages d'un tracé sinusoïdal. Mes vues sont portées principalement, en raison de mes fonctions, sur la portion maritime des fleuves, et pour celle-là, la division en catégories rend compte des faits observés.

Le tracé sinusoïdal est partout celui qui donne les profondeurs maxima, mais si le fleuve roule des apports sableux, si son lit est mobile, les mou-

vements produits à chaque crue sont tels que le lit majeur reste seul accusé et il est établi par l'enveloppante des sinusoïdes constituées successivement par des changements dans la masse des eaux et dans leur vitesse — ces deux enveloppantes sont des lignes droites.

Si le fleuve n'a pas d'apports, ce qui veut dire, en pratique, s'il n'a pas d'entraînement de sable en hiver, mais seulement de la vase, leur coagulation avec celle des berges reconstitue, après la crue, par le jeu de la marée, le tracé sinusoïdal correspondant au débit moyen des vives eaux.

Dans de telles rivières les seuils peuvent être dragués, ils sont constitués séculairement, on ne le peut dans les rivières à transport.

Les échecs de tracés rectilignes dans les estuaires sont malheureusement très nombreux, la réussite des digues de la basse Seine tient uniquement à leur courbure; on peut regretter toutefois que le dernier élément ait un rayon si considérable, la conséquence saute aux yeux lorsqu'on regarde une carte de l'embouchure.

3° M. Cotard émet ensuite des doutes sur la résistance des talus par suite de la vitesse des courants.

Or, la crue citée de 1658, la plus grande que l'on connaisse, est montée à Paris à la cote de 8^{m},80 au-dessus de l'étiage; à Poissy, par suite de la crue simultanée de l'Oise, j'ai lu que la hauteur était bien plus grande encore, on sait les désastres qui ont accompagné cette inondation. En supposant le canal creusé, la Seine restera dans les limites de l'étiage actuel.

L'érosion sera moindre qu'elle ne l'est actuellement puisque la section augmentant, la vitesse diminue. Je donnerai ultérieurement un tableau de ces deux vitesses. Dans tous les cas avec un débit de 1500 mètres cubes la vitesse moyenne atteindra 1^{m},50, au kilomètre 80, en aval de Poissy. Cette vitesse est celle du jusant en Charente et elle ne donne lieu à aucune érosion.

La navigation est actuellement interrompue lorsque la crue atteint une hauteur de 4 mètres au-dessus de l'étiage; elle persistera en crue de toute hauteur, et ce ne sont pas les courbes qui pourront l'arrêter, puisque leur rayon minimum est de 1,500 mètres.

4° En ce qui concerne les écluses, chacune d'elles occasionne une perte d'une heure de temps correspondant à 18 kilomètres, si le navire conserve une vitesse, exagérée il est vrai, de 10 nœuds, et d'au moins 14 kilomètres, en prenant les vitesses calculées pour la Gironde et la Charente.

En plus chaque sassement serait une cause possible d'avaries si une escouade de pontonniers ne venait pas aider à la manœuvre des bateaux; enfin, la nuit, la navigation serait suspendue. Le canal ne pourrait, en outre, être utilisé pour la défense du territoire.

Toutes les écluses d'amont ont été concentrées à Poissy, comme elles le sont sur le canal Calédonien; il y a, de ce fait, une économie de temps de près de moitié.

5° Le fait de la construction d'un barrage de 15 mètres de hauteur du côté d'aval fondé sur un terrain solide n'est point une nouveauté, le déver-

soir ne débitera pas tout le volume des crues, parce que en amont, sur une longueur de 1,500 mètres, des saignées seront pratiquées pour donner la force motrice. Elles pourront débiter 500 mètres.

6° Le drainage des prairies et des champs sera effectué par l'abaissement du plan d'eau, au moins jusqu'au kilomètre 150. Les propriétaires auront-ils à s'en plaindre? Peut-être que non, la vallée est bien humide.

7° Je considère le barrage de Vernon comme transitoire, j'espère qu'on pourra s'en passer et économiser ainsi une somme importante. Les renseignements venus d'Amérique donnent comme cube de l'extraction par les dragues appelées *Hercules* un tel chiffre, qu'en prenant les données du contrat passé entre la maison Huern et la Compagnie de Panama, les 75,000,000 de mètres cubes du projet seraient enlevés en 750 jours, en employant 30 dragues. Il s'agit ici de machines fonctionnant, ayant exécuté l'approfondissement de la rivière San-Joaquim et ouvrant actuellement un canal entre la rivière Sacramento et la baie San-Pablo.

8° J'ai mis sous les yeux de la Société ce que serait le canal au kilomètre 80; dans la section près de Poissy, les produit du dragage (15 millions de mètres cubes) seront envoyés en amont par chemin de fer spécial pour les terrassements de la plaine de Gennevilliers. Le prix de ce transport figure dans les évaluations du port supérieur. L'étude des ouvrages spéciaux, ponts, canaux, etc., n'a présenté aucun point nouveau, des ouvrages presque identiques ont été exécutés en Angleterre; cette portion du projet a été faite par un ingénieur des ponts et chaussées.

Je terminerai en remerciant M. Cotard de ses critiques, je les demandais en faisant ma communication à la Société des Ingénieurs civils. Une œuvre ne mérite qu'on s'y arrête que, lorsqu'elle a pu donner à tous une réponse satisfaisante, et, dans tout ce qu'il a dit, je ne veux voir que le désir qui nous est commun de rechercher la vérité.

M. Cotard. Je ne me rends pas bien compte de la manière dont ces travaux seront exécutés sans gêner la navigation, vous dites : en commençant par l'amont, on fera successivement un escalier d'écluses; cela fera disparaître successivement tous les biefs d'aval. Cette explication est bien succincte.

Puis, comment sera exécuté cet escalier d'écluses? J'aurais aussi désiré voir quelques dessins indiquant le nombre des mètres cubes à remuer par mètre courant, et les divers types de profils à exécuter.

Je suis un peu effrayé de la construction de ponts portant des charges de six tonnes par mètre carré.

M. Bouquet de la Grye. Je voulais vous présenter les choses un peu en gros, me bornant à vous montrer que ce que j'avais proposé ne rentrait pas dans les choses impossibles. En commençant les dragages en amont, on élévera les matériaux toujours à la plus petite hauteur, la profondeur draguée ne dépassant jamais 6 mètres au-dessous du plan d'eau.

Pour rassurer M. Cotard en ce qui concerne les ouvrages, je lui citerai l'exemple des ponts-canaux du canal Calédonien, dont la profondeur est

de 6 mètres, et de celui projeté pour le canal Transgascon, avec 8m,50 de profondeur.

Quant aux travaux en amont de Poissy : je me suis effacé devant l'ingénieur des ponts et chaussées, qui a fait les calculs et les devis. J'ai demandé s'il n'y aurait pas là des difficultés ? On m'a répondu : Non, nous avons l'exemple du Calédonien, dont la profondeur est de 6 mètres.

M. Molinos. Je demande la permission d'adresser quelques questions à M. Bouquet de la Grye, je n'ai pas assisté à la séance dans laquelle il a fait sa communication, et il est impossible de se rendre compte d'un projet aussi important sans examiner la question de dépense. Quel est le chiffre total du cube des dragages ?

M. Bouquet de la Grye. 75,000,000 de mètres cubes.

M. Molinos. Quel est le prix ?

M. Bouquet de la Grye. 1 fr. 50 pour les graviers et les sables, les entrepreneurs demandent, maintenant, 0 fr. 80; pour les calcaires, j'ai indiqué le prix de 3 fr. 50. Il est motivé par les renseignements pris de tous côtés et par le dernier marché passé pour le percement de l'isthme de Corinthe. On va à 8 mètres sous l'eau dans du grès, à l'aide de dynamite, au prix de 5 fr. M. le général Turr a bien voulu me donner les bases du marché.

M. Badois. Ce n'est pas encore exécuté.

M. Bouquet de la Grye. Il y a une partie où le travail sera certainement fait à 0 fr. 80.

M. Cotard. On ne saurait prendre pour exemple des dragages de sables. Il s'agit de véritables excavations à la drague et je ne sache pas que de tels dragages, comportant des transports et des remaniements de déblais, aient été, nulle part, exécutés pour le prix de 0 fr. 80, y compris l'amortissement du matériel et les frais généraux.

M. Molinos. Encore une question qui me paraît importante : je me rends difficilement compte de la manière dont vous pourrez vous débarrasser des déblais sur les points où vous aurez fait ces dragages lorsque vous aurez 1,000 mètres de dragages par mètre courant.

M. Bouquet de la Grye. Dans la partie amont près de Poissy, il y a 15 millions de mètres cubes dont on a besoin entre Poissy et Paris. Ces déblais seront repris au prix ordinaire du transport par chemin de fer, comme terrassements, ceci nous débarrassera d'une partie des déblais.

M. Molinos. Mettrez-vous ces terres-là en cavalier ?

M. Bouquet de la Grye. Oui.

M. Molinos. Par quel procédé ?

M. Bouquet de la Grye. Au moyen de dragues à couloirs ou à tubes de refoulement en surélevant le lit actuel.

M. Molinos. Mais quand le niveau aura baissé ? Irez-vous de suite à la profondeur de 15 mètres ?

M. Bouquet de la Grye. Non, cela se fera progressivement. En amont,

les déblais seront, en grande partie, transportés par terre jusqu'à la plaine de Gennevilliers; il y a 15 kilomètres.

M. Molinos. Cela sera bien cher!

M. Bouquet de la Grye. Le maximum du déblai à Poissy est de 833^{m3} par mètre courant. Seulement je vous ferai remarquer qu'il y a en aval un abaissement de plafond assez considérable; je regrette de ne pas avoir apporté le profil.

M. Molinos. Il serait extrêmement intéressant à consulter, parce qu'il peut y avoir des difficultés considérables, et qui auront une grande influence sur le prix.

M. Bouquet de la Grye. J'ai indiqué 1 fr. 50 par mètre cube de matériaux légers, comme le sable et le gravier; je crois que ce prix satisfera pleinement les ingénieurs et les entrepreneurs.

M. Cotard. Avez-vous tenu compte des transports du déblai?

M. Bouquet de la Grye. Avez-vous connaissance du contrat de M. Huern? M. de Lesseps vient de me communiquer le marché qu'il a passé.

Ce Français très riche, qui habite San-Francisco, vient de passer un contrat au prix de 1 fr. 40 par mètre cube, il envoie, au moyen d'un tuyau, les dragages à la distance demandée par la Compagnie, et le contrat ajoute que la machine, qui a fait ses preuves à San-Francisco, permet le dragage de 3,300 mètres cubes par jour, le contrat est fait pour une quantité de six millions et demi de mètres cubes.

Du reste, j'espère que le projet dont j'ai eu l'honneur de vous entretenir sera soumis à l'examen très minutieux du conseil général des ponts et chaussées. Quant à présent, je ne puis que répéter ce que disait un inspecteur général: Préoccupez-vous des moyens, mais quant au résultat final, c'est-à-dire aux revenus, ne vous occupez pas de rechercher ce qu'ils seront; ils dépasseront toute prévision.

M. Badois. C'est une question de sentiment, et ce n'est qu'une appréciation!

M. Edmond Roy donne ensuite lecture d'une note discutant les considérations présentées par M. Bouquet de la Grye. Cette note sera reproduite *in extenso* dans le Bulletin de mai.

M. Bouquet de la Grye. Je demande la parole.

M. le Président. M. Bouquet de la Grye, permettez-moi de vous signaler qu'il est bien tard, que la discussion n'est pas close (il y a quatre orateurs inscrits). Je vous demanderai donc de remettre votre réponse à la prochaine séance.

M. Badois. M. le Président, je vous demande d'effacer mon nom de la liste des orateurs inscrits; pour la prochaine séance je n'ai que quatre paroles à dire. Je tiens à confirmer ce qu'a dit M. Cotard et à ajouter un mot sur les inconvénients de la vitesse de l'eau.

M. Bouquet de la Grye a dit qu'il n'aurait qu'une vitesse de 0^{m},40 en étiage; mais, par toutes les crues assez ordinaires de 4 mètres, qui arrivent souvent 3 ou 4 fois par an, on aura des vitesses de 1 à 1^{m},50.

M. Bouquet de la Grye. Qu'appelez-vous crues ordinaires et où comptez-vous les hauteurs.

M. Badois. Au Pont-Royal.

M. Bouquet de la Grye. La vitesse n'arrivera pas à plus de 1m,50.

M. Badois. Quand l'eau s'écoule sur une grande largeur, le rayon moyen est bien moindre que lorsque vous avez un canal profond comme celui en question, lequel présentera un faible périmètre mouillé pour une grande section. Dans le cas d'un débit de 1,450mc par exemple, lorsque l'eau s'écoule sur une largeur de 400 mètres et une profondeur de 3 à 4 mètres, on arrive pour la valeur du rayon moyen à 3m,90; tandis que si l'éboulement a lieu sur une largeur de 100 mètres et une profondeur de 10 à 12 mètres vous arrivez à 11m,20. Il y a là un fait, c'est que la diminution du périmètre mouillé par rapport à la section du cours d'eau donne au rayon moyen une valeur près de trois fois plus grande dans un cas que dans l'autre; et alors, la vitesse d'écoulement (fonction de cette valeur) qui est relativement faible lorsque l'eau s'écoule en grande nappe dans le fleuve, devient plus importante dans le canal plus resserré, par exemple, on passe de la vitesse moyenne de 0m,85 des crues ordinaires de la Seine, à une vitesse de 1m,40; la vitesse superficielle atteindra par conséquent 1m,80 et sur les bords, on aura une vitesse de 1m,60. Eh bien! à 1m,60, les graviers non seulement sont enlevés, mais les cailloux agglomérés sont détachés. Il se formera des érosions dans le canal; donc au lieu d'améliorer le régime de la Seine, on le modifiera de telle façon que les crues deviendront rapides et dangereuses au lieu de s'écouler lentement comme elles le font maintenant; on retournerait ainsi au régime torrentiel.

M. le Président. Vous voyez que c'est une grosse question, et que vous pouviez très bien la traiter à la prochaine séance.

M. Badois. M. Cotard a très bien dit tout le reste, et je n'ai plus rien à ajouter.

M. Bouquet de la Grye. Je demande à dire un seul mot.

M. le Président. Il est bien tard aujourd'hui. Nous aurons, à la prochaine séance, l'occasion de continuer la discussion, et vous serez alors en meilleure condition pour vous faire écouter.

MM. Brousse, d'Espine, Georgi, Jullien, Noël Du Pan, Rigaud, Gallut et Suss ont été reçus membres sociétaires.

La séance est levée à onze heures un quart.

CHRONIQUE

SOMMAIRE. — Transit international du matériel roulant des chemins de fer. — Une page de l'histoire de la locomotive. — Une cause d'avaries dans les machines Compound marines. — Fabrication du gaz à l'huile. — Ventilation du tunnel de Saint-Louis. — La traversée rapide de l'Atlantique. — La marine marchande en Angleterre.

Transit international du matériel roulant des chemins de fer. — En donnant dans la Chronique d'avril, page 496, l'exposé des motifs à l'appui du projet établi par le département fédéral suisse des postes et chemins de fer concernant l'établissement d'une unité technique pour le transit international du matériel roulant, question à laquelle l'ouverture de la ligne du Gothard donne une grande actualité, nous avons annoncé que nous donnerions ensuite le mémoire fait par la direction du *Verein* des chemins de fer allemands en réponse à la communication précédente, mémoire à la suite duquel le projet a reçu quelques modifications. Voici ce mémoire qui a été approuvé dans l'assemblée générale du *Verein*, tenue à Cologne les 28 et 29 juillet 1881 :

« Par une circulaire en date du 24 janvier 1881, le département fédéral suisse des postes et chemins de fer a communiqué au *Verein* des chemins de fer allemands le projet d'établissement de normes propres à faciliter le transit international du matériel roulant, ainsi que l'exposé des motifs à l'appui et il a bien voulu exprimer en même temps le désir de voir le *Verein* participer à l'examen dudit projet.

« C'est avec un vif intérêt que le *Verein* a pris connaissance de ce projet dont le but concorde entièrement avec les efforts faits de tout temps par lui-même pour améliorer de plus en plus le trafic international et les relations avec les administrations de chemins de fer aboutissant à son réseau. Il croit devoir, à cet égard, exprimer encore tout particulièrement l'espoir que l'union nouvelle à laquelle tend le projet créera des relations régulières et plus étroites entre tous les organes (et non pas seulement entre les organes techniques) des administrations étrangères et ceux des chemins de fer du *Verein* et que, par suite, l'échange réciproque des opinions et expériences secondera puissamment le perfectionnement des institutions en vigueur dans son propre sein.

« Afin de répondre d'une manière aussi détaillée que possible au vœu exprimé par le département fédéral helvétique, le projet a été soumis à l'examen approfondi d'une commission spécialement nommée à cet effet et dans laquelle se trouvaient représentées un grand nombre d'administra-

tions du *Verein*. Au cours de cet examen, il a été dûment tenu compte des conventions techniques du *Verein*, des dispositions contenues dans le règlement technique de l'Union internationale, du relevé (communiqué par le département fédéral) des normes en vigueur dans les différentes administrations intéressées; on a pris également en considération le rapport sur les normes pour le trafic direct, présenté en 1877 au ministère des Travaux publics d'Italie par le président d'une commission, M. l'ingénieur F. Biglia. Le résultat de cet examen, qui a conduit à l'élaboration du nouveau projet, a été approuvé par le *Verein*.

« Quant aux motifs qui ont amené les divergences entre le projet suisse et le nouveau projet, il y a lieu de fournir les observations générales suivantes :

« Le *Verein* a cru devoir faire abstraction complète de la discussion des dimensions indiquées dans la colonne portant la rubrique « Normes du « projet suisse; » d'un côté, en effet, il ne pourrait adhérer que dans des cas très urgents à une modification des normes qui lui servent de règles et qui figurent dans les conventions techniques et, d'un autre côté, les administrations étrangères se trouveront sans doute dans le même cas, de sorte qu'il y a peu d'espoir de réussir à apporter dans ces normes une harmonie complète. Par contre le *Verein* estime que le but qu'on se propose (c'est-à-dire le règlement de l'échange du matériel dans le trafic international, ainsi que les facilités désirables dans cet échange), pourrait être atteint d'une manière suffisamment satisfaisante, si l'on se bornait à déterminer les limites (maxima et minima) dans lesquelles doivent être maintenues les dimensions dont il s'agit et qui, selon le *Verein*, pourraient bien être déterminées de telle sorte que les normes en vigueur où à établir dans les différentes zones de trafic fussent maintenues dans ces limites.

« C'est pour ces motifs qu'a été omise dans le nouveau projet la colonne portant la rubrique « norme. »

« Quant aux différents articles qui, pour faciliter la comparaison, ont été marqués des mêmes chiffres dans les deux projets, les modifications proposées sont fondées sur les motifs suivants :

« Art. 1. — Ces dimensions concordent entièrement avec celles du projet suisse.

« Art. 2. — Comme minimum pour le matériel existant, la dimension de 123 millimètres a été empruntée au règlement de l'Union internationale.

« Mais le *Verein* suppose que cette dimension disparaîtra sous peu, puisque, depuis nombre d'années, toutes les administrations faisant partie de l'Union internationale ne se pourvoient plus, autant que l'on sache, de bandages neufs d'une aussi faible largeur.

« Art. 3. — Le jeu des boudins est fixé pour un écartement de 1,435 millimètres; c'est pourquoi le chiffre indiquant l'écartement l'un de l'autre des points des boudins avec lesquels ces derniers se placent contre les têtes des rails est identique avec le chiffre indiqué dans la première colonne du pro-

jet suisse, tandis que dans les trois dernières colonnes ce chiffre est inférieur de 5 millimètres.

« Cette modification est motivée par le fait que le raccordement latéral des champignons des rails varie beaucoup dans les différentes administrations et que, dès lors, les bandages dont le profil est formé pour des rails avec un raccordement de grand rayon et qui laissent à ces derniers un jeu total de 10 millimètres, manquent souvent de jeu sur les voies dont les rails n'ont qu'un raccordement latéral de petit rayon.

« Il arriverait ainsi fréquemment que les boudins s'entre-serreraient dans les rails et qu'il se produirait forcément un élargissement de l'écartement. Ces trois dimensions du projet suisse n'ont donc pas paru susceptibles d'être admises.

« Ces considérations ont d'ailleurs amené le *Verein* à fixer uniformément à 14 millimètres, pour le matériel neuf, le rayon du raccordement latéral des champignons.

« Art. 4. — Il est naturellement bien entendu que toute administration faisant partie de l'Union projetée, disposera ses voies de telle façon que des wagons avec des roues répondant aux conditions prévues par les articles 1-3, puissent y circuler avec sécurité.

« C'est pourquoi le *Verein* s'est abstenu de formuler une proposition spéciale; il ne peut, d'ailleurs, abandonner l'écartement de 1.435 millimètres, et cela d'autant moins que la longueur des chemins de fer pourvus dudit écartement est presque le double de celle des autres voies ferrées de l'Europe immédiatement reliées entre elles et dont l'écartement est de 1.440 à 1.445 millimètres, et elle serait presque le triple de celle des autres chemins de fer après le raccordement éventuel des chemins anglais.

« Art. 5. — Comme le maximum de la hauteur des boudins ne peut s'appliquer qu'à des bandages fort usés, on ne peut faire figurer cette dimension dans la colonne du matériel neuf.

« Art. 6. — L'épaisseur minima des bandages peut seulement s'appliquer en cas d'usure complète et non, dès lors, au matériel neuf; la dimension de 19 millimètres est empruntée au règlement de l'Union internationale.

« Art. 7 et 7*a*. — Ces dimensions concordent entièrement avec celles du projet suisse.

« Art. 7*b*. — En ce qui concerne l'écartement des tampons, il n'est point douteux que les administrations intéressées ne puissent convenir d'une dimension parfaitement déterminée; c'est pourquoi l'on a fait figurer la même dimension dans les colonnes désignées par maximum et minimum.

« Art. 7*c*. — Ces dimensions concordent entièrement avec celles du projet suisse.

« Art. 7*d*. — Une dimension minima n'a pas été admise dans la rubrique affectée au matériel existant, parce que le règlement de l'Union internationale ne contient aucune prescription à ce sujet, et que des wagons étrangers avec un espace libre inférieur à 300 millimètres ont pu transiter jusqu'à ce jour sans difficulté sur les lignes du *Verein*.

« Bien qu'il ne soit aucunement désirable d'augmenter les difficultés de l'échange du matériel, le *Verein* croit néanmoins devoir, dans l'intérêt de la sécurité du personnel chargé de l'accouplement et du décrochage, exprimer l'espoir que l'on parviendra à déterminer les administrations à retirer, à l'avenir, du trafic international les wagons n'ayant qu'un petit espace libre entre les tampons et la tête du véhicule, d'autant plus que dans l'intervalle un grand nombre de ces wagons auront été mis hors d'usage.

« Art. 7*e*, 8, 8*a*. — Dans ces trois articles, il n'a pas été fixé de minimum pour le matériel existant, attendu qu'une disposition analogue fait défaut dans le règlement de l'Union internationale et que l'expérience a démontré que le besoin ne s'en fait pas sentir.

« Pour le matériel neuf, on a adopté les dispositions en vigueur dans le *Verein*, sauf en ce qui concerne la longueur des attelages (art. 8), pour lesquels on a pris un maximum de 885 et un minimum de 875 millimètres, au lieu de la longueur de 878 millimètres adoptée par le *Verein* pour laisser un peu de jeu à l'avenant.

« Pour le maximum de la longueur des attelages du matériel existant, la dimension du projet suisse a été un peu réduite; la nouvelle longueur de 920 millimètres suffit amplement, même dans le cas où les deux wagons à accoupler auraient le maximum prévu par l'article 7*e*; une plus grande longueur pourrait, lorsque les attelages sont défaits, donner lieu à des accidents.

« Le *Verein* ne peut admettre la longueur de 40 millimètres adoptée dans le projet suisse pour le petit diamètre des étriers d'attelage, attendu que l'ouverture correspondante d'un grand nombre de crochets de traction d'ancienne construction est inférieure à 40 millimètres et que les nouveaux crochets pourvus d'une ouverture de 40 millimètres demandent également du jeu pour permettre d'accrocher l'étrier sans difficulté.

« Art. 9. — Les normes contenues dans cet article ont été un peu plus généralisées que dans le projet suisse, et elles laissent plus de liberté au constructeur.

« Art 9*a*. — Des négociations sont actuellement encore pendantes dans le *Verein* au sujet de la construction et des dimensions des attelages de sûreté, et il est, en conséquence, hors d'état de faire des propositions spéciales quant aux dimensions à donner aux mailles des chaînes de sûreté.

« Toutefois, il n'a pas d'objections à faire contre l'échange de wagons munis de chaînes de sûreté de la dimension prévue dans le projet suisse.

« Art. 10. — Le *Verein* ne peut accepter le profil maximum proposé par le projet suisse, parce que, d'une part, sa largeur est trop grande pour les wagons à marchandises et que, d'autre part, ses limites inférieures empiètent sur celles du profil normal de libre circulation adoptées par le *Verein*, et enfin parce que sa hauteur est trop grande pour les chemins de fer français et belges.

Le *Verein* estime qu'il faut établir deux profils, l'un pour les wagons, l'autre pour les voitures, afin d'affranchir la construction des voitures des

restrictions qui sont imposées à celle des wagons du fait des quais divers de chargement et autres objets des gares à marchandises.

« Or, pour obtenir des données authentiques à cet égard, il est nécessaire que chaque administration établisse deux profils pour son propre réseau et que finalement, par le concours de tous les projets fournis pour chacun des réseaux, on arrive à former un profil international pour les voitures et un autre pour les wagons, lequel pourrait en même temps servir de gabarit de chargement.

Le *Verein*, à son point de vue, ne pourrait établir actuellement ces profils que sur la base du livret des profils minimum de libre passage et maximum de chargement, qu'il a introduits en 1874. Cependant, comme beaucoup d'administrations ont, depuis lors, élargi les profils de libre passage, au sujet desquels le *Verein* ne possède pas d'indications précises, il est à craindre que l'utilisation de ces bases, en partie surannées, n'entraîne des restrictions inutiles dans la fixation des dimensions des profils en question.

« Le *Verein* procédera en conséquence aux études préliminaires nécessaires pour se mettre à même de proposer les profils qu'à son point de vue il estimera devoir être recommandés, soit un profil pour les voitures, et un autre pour les wagons, lequel servirait en même temps de profil de chargement.

« Le *Verein* croit devoir rattacher à l'examen qui précède du projet suisse des propositions tendant à compléter ce projet. C'est pourquoi il a ajouté à son propre projet quelques dispositions relatives aux qualités que doivent, suivant lui, posséder les wagons à prendre en charge dans le transit international.

« Il faudra, en outre, par des conventions spéciales, déterminer les détériorations autorisant les stations d'échange à refuser la prise en charge du matériel étranger.

« Pour régler cette question, le *Verein* propose de prendre pour base des négociations des conventions à intervenir les prescriptions du règlement international sur la matière, ainsi que les dispositions réglementaires relatives à l'usage réciproque du matériel sur le territoire du *Verein*.

« Enfin, ce que le *Verein* croit encore devoir spécialement faire ressortir, c'est que l'entente poursuivie par le Département fédéral suisse des postes et chemins de fer ne pourra se réaliser que par la formation d'une union spéciale, mais qu'en l'état des choses cette dernière ne peut être formée qu'en se fusionnant avec les Unions internationales qui existent déjà depuis nombre d'années.

« Pour cette Union à créer ou à étendre, il faudra également, en outre des dispositions techniques précitées, établir des règlements de nature administrative, notamment en ce qui concerne la responsabilité en cas d'avaries de wagons étrangers pris en charge, les délais d'emploi, les redevances pour l'usage du matériel roulant, le traitement des parties de wagons, agrès de chargement, etc.

« Le *Verein* croit devoir s'abstenir de faire, dès à présent, des proposi-

tions détaillées à ce sujet; il se permet néanmoins d'attirer d'une manière générale l'attention sur la nécessité de reconnaître, comme base précise des négociations ultérieures, les dispositions relatives à l'emploi du matériel actuellement en vigueur :

« *a*) Entre les chemins de fer italiens d'une part, et les chemins allemands et austro-hongrois d'autre part;

« *b*) Entre les administrations suisses d'un côté, et les administrations allemandes et austro-hongroises de l'autre;

« *c*) Entre les chemins de fer français et belges d'un côté, et toutes les administrations du *Verein* de l'autre;

« Ce qui permettrait également de tenir compte des améliorations considérables qui ont été adoptées pendant ces dernières années par le *Verein* des chemins de fer allemands et qui tendent à faciliter l'échange réciproque du matériel roulant. »

(*La direction gérante du* Verein *des chemins de fer allemands.*)

Une page de l'histoire de la locomotive. — A l'occasion de l'article que nous avons donné dans la Chronique de février, page 221, sous le nom de *Locomotives Compound en Allemagne et en Angleterre*, et où nous avons rappelé le projet de locomotive Compound à trois cylindres, actionnant des groupes d'essieux séparés, présenté en 1866, par M. Jules Morandiere, notre collègue a bien voulu nous adresser la note suivante qui sera lue avec beaucoup d'intérêt par toutes les personnes qui s'intéressent à l'histoire des progrès de la locomotive.

« En locomotive, comme en autre chose, il est bien difficile de trouver une disposition entièrement originale et ne différant pas, plus ou moins, d'une série de conceptions ou d'études; c'est ce qui est arrivé pour le modèle à 8 roues et à trois cylindres décrit à la page 222 de la Chronique de février, ainsi que le montre l'historique ci-après de types qui ont eu leur moment de célébrité.

« Le chemin de fer du Nord a cherché de bonne heure à augmenter le poids adhérent des locomotives Crampton, afin d'utiliser la forte chaudière de ces machines; mais la disposition générale était telle que la pression exercée sur les rails par les roues motrices se trouvait la même que celle des roues d'avant, pour lesquelles on ne voulait pas, à cette époque, dépasser 11 tonnes. Une étude fut faite en vue de remplacer l'essieu porteur du milieu par un essieu à un seul coude commandé par un cylindre central fixe ou oscillant. Toutefois la modification, qui aurait d'ailleurs été très coûteuse, changeait le caractère de la machine dont il fallait considérablement relever la chaudière. En outre, les roues de support avaient seulement 1m,20 de diamètre et faisaient normalement 6 à 7 tours par seconde; que serait devenue dans ces conditions l'utilisation de la vapeur?

« Pendant que l'étude se poursuivait, la Compagnie du Nord avait mis en service, vers 1859, une machine anglaise, livrée par Sharp sur le modèle

Sturrock pour trains express et dont la charge sous l'essieu moteur était de plus de 13 tonnes; la plupart des ingénieurs anglais ne craignaient même pas d'aller au delà avec des bandages en acier. Le fonctionnement de la machine Sharp ne suscita aucune observation de la part du service de la voie, et il fut alors décidé que les machines Crampton recevraient, soit à l'arrière de la plate-forme, soit sur les roues motrices, la masse de fonte nécessaire pour porter le poids adhérent à 12,600 kilogrammes.

« Le cylindre intérieur unique fut donc abandonné, mais l'idée de la séparation des groupes moteurs fut poursuivie et il en résulta divers projets élaborés par MM. Nozo et Geoffroy, sous la haute direction de M. Petiet.

« L'un de ces projets consistait en une machine à voyageurs, ayant deux essieux moteurs indépendants actionnés chacun par une paire de cylindres. Dans les premiers tracés, la machine avait trois essieux dont un de support placé à l'avant; le diamètre des roues était de 1m,740, comme dans les Engerth mixtes. Par la suite, on eut le désir d'employer une chaudière analogue à celle des machines dites de *fortes rampes* dont un spécimen figurait à l'exposition de Londres en 1862 et dont le foyer avait près de 2 mètres de large, en vue de l'emploi d'un charbon tout venant sur lequel on avait préalablement prélevé environ 20 pour 100 des plus gros morceaux.

« On fut alors conduit à un modèle de machine-tender à 5 essieux dont 2 moteurs indépendants, portant des roues de 1m,60 et situés aux deux extrémités de la machine. Un dessin fut exposé à Londres en 1862 et les machines livrées à la fin de la même année sont encore en service sur les lignes Nord-Belges.

« Un autre projet était celui d'une machine à quatre cylindres, actionnant deux groupes séparés de 3 essieux chacun. Ces machines très puissantes, montées sur des roues de 1m,060, étaient destinées à des trains de marchandises à vitesse réduite. Les exigences du service de l'exploitation des chemins de fer tendant, au contraire, à augmenter de jour en jour la vitesse de cette catégorie de trains, les machines à six essieux et à quatre cylindres ont dû être transformées en un nombre double de machines de manœuvres à trois essieux accouplés.

« Entre les deux types que nous venons d'indiquer, il manquait un intermédiaire; cette lacune devait être comblée par une étude qui n'a pas été suivie d'exécution. Il s'agissait d'une machine-tender comportant quatre essieux, avec roues de 1m,30 environ, divisés en deux groupes actionnés chacun par une paire de cylindres.

« C'est cette dernière étude, combinée avec l'idée du cylindre central unique projeté pour les machines Crampton, qui a conduit à dessiner le type reproduit par le journal *Engineering*, en 1866. M. Zerah Colburn avait examiné dans cette publication qu'il avait fondée et qu'il dirigeait avec talent, s'il n'y avait pas à faire mieux que les types destinés au service spécial du *Metropolitan* et consistant en :

« 1° Une machine-tender à quatre roues accouplées et à bogie à l'avant, pesant environ 42 tonnes, dont 30 de poids adhérent sur deux essieux seulement;

« 2° Une machine-tender à six roues accouplées et à bogie à l'avant (modèle dit du Bore-Ghaut), pesant environ 48 tonnes, dont 36 de poids adhérent. Cette machine était projetée en vue de l'exploitation de l'embranchement à fortes rampes de S^t John's Wood.

« Or en combinant les diverses études faites au Nord, il a été possible d'établir l'avant-projet d'une machine montée sur des roues de 1^m,420, devant peser 44 tonnes, utilisant la totalité de son poids pour l'adhérence et permettant par la division de ses groupes moteurs d'atteindre normalement des vitesses de 50 à 60 kilomètres. Ces vitesses de marche étaient, dès cette époque, journellement réalisées en service régulier par les machines du Nord, dites *Mammouth*, à six roues accouplées de 1^m,420 et à mécanisme relativement léger, tandis qu'il ne faudrait pas songer à demander un pareil service à une machine ayant huit roues, toutes accouplées, actionnées par deux gros cylindres et le lourd mécanisme correspondant.

« D'autre part la question avait été quelquefois agitée au chemin de fer du Nord, et notamment par notre collègue, M. E. Desmousseaux de Givré, de voir s'il ne conviendrait pas de disposer les machines à quatre cylindres suivant le principe de Woolf ou Compound, mais, à cette époque, ce mode de fonctionnement était loin d'être aussi généralement admis, même pour les machines fixes et marines, qu'il l'est devenu depuis.

« De tout ce qui précède, on doit conclure que l'avant-projet de 1866 était une sorte de résumé des idées qui avaient cours au chemin de fer du Nord quelques années auparavant. »

Une cause d'avaries dans les machines Compound marines. — Au sujet du résumé que nous avons donné, dans la Chronique de février, page 226, d'un rapport adressé à M. le ministre de la Marine par M. l'inspecteur général du génie maritime Marielle, à la suite d'une avarie éprouvée par les machines du cuirassé l'*Océan*, notre collègue, M. D. Stapfer, de Marseille, veut bien nous adresser la communication ci-après, qu'on lira avec intérêt.

« Tous les mécaniciens qui conduisent des machines Compound constatent :

« 1° Que les dépôts graisseux (oléates et carbonates de fer), qui sont très abondants quand on graisse avec des suifs ou des huiles végétales, se trouvent de préférence au fond des grands cylindres où ils forment des matelas souvent très résistants, mais sont très rares dans le cylindre à haute pression.

« J'attribue ce fait à ce que les graisses ne se sont transformées en acides gras qu'après avoir subi le contact de la vapeur très chaude.

« 2° Le magma de couleur brune, recueilli dans le fond des grands

cylindres contient une certaine proportion de sels calcaires retenus probablement par une sorte de filtrage.

« 3° Quand des entraînements d'eau se produisent, ils laissent peu de trace dans le petit cylindre, mais laissent contre les parois du grand cylindre une véritable couche de peinture calcaire que les segments du grand piston sont, le plus souvent, incapables d'enlever; ce phénomène peut être comparé à celui qui se produit quand on mouille avec un pinceau ou une éponge une plaque métallique chauffée, à la condition que l'eau soit légèrement calcaire ou saline.

« Je pense que les matières entraînées avec la vapeur peuvent très bien traverser le petit cylindre, comme dans les locomotives, grâce à la très grande vitesse du courant et à la densité du fluide, qui possède ainsi une grande force vive, tandis que, dans le grand cylindre, la pression à fin de course est souvent égale à celle du condenseur, en sorte que la vitesse de sortie est très faible et que le fluide détendu laisse facilement déposer les molécules entraînées solides ou liquides.

« Mais, dans le cas spécial de l'*Océan*, si on marchait en grande détente, il ne devait pas y avoir d'entraînements; donc les matières salines ne pouvaient pas venir de la chaudière.

« Le rapport dit d'autre part que les purges n'allaient pas au condenseur, mais à la cale; il a donc pu arriver que les tuyaux de purge aient plongé, dans les grands roulis, jusque dans l'eau de la cale et, dans ce cas, on s'expliquerait parfaitement qu'il se soit produit dans les grands cylindres une forte aspiration d'eau salée et boueuse capable de déposer contre les parois chaudes des cylindres une forte quantité de matières solides.

« M. Marielle a donc raison de conclure que les purges des grands cylindres devraient aboutir au condenseur, comme cela se fait d'ordinaire dans les machines des navires de commerce. »

Cette dernière explication semble très vraisemblable, car, si on se reporte à l'analyse des dépôts recueillis dans les cylindres (voir page 227), on voit que 77,6 pour 100 sont des sels divers de l'eau de mer, que le fer n'y entre que pour une assez faible proportion et les matières organiques pour une quantité insignifiante, ce qui semble exclure l'intervention des matières ayant servi au graissage des cylindres. Cette question est assez importante pour qu'on puisse désirer qu'elle soit complètement élucidée et nous espérons pouvoir prochainement donner de nouveaux documents à ce sujet.

Fabrication du gaz à l'huile. — Le bulletin d'avril-mai 1882 de la *Société industrielle de Mulhouse* contient un mémoire descriptif et un rapport sur un appareil pour la fabrication du gaz riche au moyen de la décomposition des hydrocarbures liquides par la chaleur de MM. Maring et Merz, de Bâle.

L'appareil se compose d'une cornue verticale en fonte placée, de manière à pouvoir être enlevée facilement, au centre d'une tête de cornue fixée sur

la partie supérieure d'un four. Ce four est en tôle extérieurement avec une garniture intérieure en briques réfractaires.

La tête de cornue est munie de deux ouvertures latérales, l'une pour l'arrivée de l'huile, l'autre pour la sortie du gaz. A la partie supérieure, la tête de cornue est fermée par un couvercle fixé au moyen d'une bride et d'une vis de pression.

Le joint de la cornue et de la tête est fait à la glaise ou au plâtre, les surfaces en contact étant munies de rainures pour faciliter l'opération.

L'arrivée du liquide dans la cornue est constatée et régularisée par un robinet et un autre robinet placé sur le laveur permet de vérifier la composition du gaz par sa couleur et de modifier, si c'est nécessaire, le chauffage dans un sens ou dans l'autre.

Le laveur est à niveau constant, il y a un tuyau de trop-plein par lequel les déchets d'huile et de goudron qui se produisent sont enlevés immédiatement sans entraver le fonctionnement de l'appareil.

L'épurateur est divisé en son milieu par une cloison verticale, de manière que le gaz qui a parcouru la première partie en montant traverse la seconde en descendant. A son passage dans la première partie, il rencontre des cailloux et des morceaux de coke placés sur des grilles et leur abandonne ses éléments étrangers, puis il se rend dans le second compartiment où sont disposées des matières épuratoires. L'épurateur porte un couvercle à fermeture hydraulique qui se manœuvre avec un treuil à vis sans fin. Il est également muni de quatre ouvertures circulaires fermées par des tampons destinés à en faciliter le nettoyage et les réparations. Un seul ouvrier peut desservir une usine pour l'éclairage d'un établissement particulier ou d'une petite ville.

D'après les dessins annexés au rapport une usine avec deux appareils pour alimenter 300 becs occupe, y compris le gazomètre de 4m,30 de diamètre, un emplacement de 14 mètres sur 6m,80.

Le gaz est obtenu avec des huiles lourdes, résidus de pétrole, schistes, graisses liquides, etc; sa densité est de 0m,73 par rapport à celle de l'air, la lumière est très blanche, très éclairante et très fixe. Un bec donnant 12 bougies consomme 28 à 30 litres à l'heure. Le prix de revient avec des matières coutant 20 francs les 100 kilogrammes est de 0 fr. 50 à 0 fr. 60 le mètre cube; 100 kilogrammes d'huile de schiste donnent 55 mètres cubes de gaz et demandent pour leur distillation 80 kilogrammes de houille.

Pour un bec consommant 30 litres à l'heure et donnant une lumière de 12 bougies, la dépense est de 1,5 centimes par heure.

Le rapport fait à la Société Industrielle par M. Victor Zuber sur cet appareil indique qu'il paraît remplir les conditions exigées pour fabriquer économiquement et rationnellement le gaz riche. Il s'en est monté depuis dix ans plus de quarante en Alsace, lesquels fournissent un éclairage de plus de huit mille becs.

Le fonctionnement en est très bon et le gaz produit donne une lumière très belle et très fixe.

Le rapport, après avoir indiqué les différentes tentatives faites dès 1815 pour appliquer le gaz à l'huile à l'éclairage, fait voir combien sont grandes les ressources actuelles offertes à l'extension de cette industrie.

Presque tous les pays produisent aujourd'hui des schistes bitumeux, des bitumes liquides, des huiles liquides, des huiles minérales ou des résidus qui permettent d'affirmer qu'en Europe seulement la matière première nécessaire à la production du gaz riche existe en quantité suffisante pour parer à tous les besoins à venir, ce à quoi il faudrait ajouter les produits de l'Amérique du Nord, de l'Amérique du Sud, de l'Asie Mineure, de la Chine, de Rangoon et même de l'Afrique australe où des gisements abondants ont été constatés.

On peut donc abandonner toute appréhension relative au sujet des ressources nécessaires à la production du gaz riche et rien ne s'oppose à la généralisation de ce mode d'éclairage dont les applications multiples doivent conquérir une place marquée dans l'industrie.

Ventilation du tunnel de Saint-Louis. — L'*American Engineer* décrit la méthode récemment appliquée pour la ventilation du tunnel de Saint-Louis, États-Unis, par M. Shaler-Smith, et qui pourra être appliquée avec le même succès dans bien des cas analogues. Il nous a semblé qu'au moment où on s'occupait de la question des chemins de fer souterrains, il était opportun de faire connaître, au moins sommairement, ce travail.

Le tunnel de Saint-Louis est à double voie, il a 1527 mètres de longueur, le tracé renferme des pentes variant de 1,37 à 0,31 pour 100 et une courbe d'un quart de circonférence avec 152 mètres de rayon.

Il y passe 272 trains réguliers par jour et comme, à cause des rampes et des courbes, les machines doivent pousser leur feu et qu'on brûle du charbon bitumeux et sulfureux, le tunnel se trouvait depuis plusieurs années si littéralement plein de fumée qu'il était à peu près impossible de faire les réparations de la voie. On essaya de brûler du coke, mais la présence de l'acide carbonique ne modifiait pas sensiblement la situation.

Il y avait bien quatre puits pour la ventilation, mais leur action était presque sans effet.

On chargea donc M. Shaler-Smith, ingénieur conseil de la Compagnie, de faire un essai de ventilation mécanique. Après des essais prolongés sur toute espèce de ventilateurs, et des expériences nombreuses sur la résistance de l'air à différentes vitesses et dans des conduits de diverse nature, on s'arrêta à l'emploi d'un ventilateur centrifuge de $4^m,57$ de diamètre et $2^m,75$ de large, entièrement en tôle d'acier; les ailes au nombre de 32 ont $0^m,40$ de hauteur.

L'appareil est actionné par une machine Compound sans condensation de Herreshoff, pouvant développer au besoin 190 chevaux.

Le ventilateur aspire dans un puits communiquant avec le tunnel et refoule dans une cheminée en tôle de $11^m,20$ de diamètre à la base, $4^m,50$ au sommet et $39^m,60$ de hauteur.

Les résultats ont été parfaitement satisfaisants; les trains traversent le tunnel en 4 minutes et mettent 1 3/4 minutes à aller de l'entrée ouest au puits du ventilateur. Depuis l'instant où le train a passé devant le puits en allant vers l'est, il faut 4 1/2 minutes pour que le tunnel soit complètement débarrassé de fumée et 3 1/2 minutes si le train va dans l'autre sens. On obtient ces résultats avec 110 tours du ventilateur, ce qui correspond à un travail de 56 chevaux indiqués. A 120 tours correspondant à 72 chevaux indiqués, le courant d'air devient assez fort pour gêner les hommes qui travaillent dans le tunnel.

Le ventilateur fonctionne jour et nuit; on a trouvé que 104 tours, correspondant à 48 chevaux, suffisent largement aux besoins de l'exploitation.

Pour assurer l'effet du ventilateur on a dû fermer les autres puits et les regards. On a calculé que l'enlèvement total de la fumée produite par un train représente l'extraction de 77,000 mètres cubes d'air. Les trains marchent naturellement au milieu de la fumée qu'ils émettent, mais comme ils vont plus vite que l'air, la machine se trouve sensiblement dans l'air pur et il n'y a pas de fumée épaisse autour du train. Le succès de l'installation est dû non seulement à la disposition du ventilateur adopté, mais encore au soin extrême avec lequel ont été étudiés tous les détails de l'installation dans le but de réduire les résistances de l'air dans les passages.

La traversée rapide de l'Atlantique. — On sait que la durée des traversées entre l'Europe et les États-Unis a été depuis peu d'années notablement réduite par la construction de navires de très grande marche. Certains navires ont mis récemment sept jours et quelques heures pour franchir la distance qui sépare Queenstown et New-York.

L'*Alaska*, de la ligne Guion, vient ces jours-ci d'effectuer cette traversée en sept jours quatre heures et dix minutes, et il a dû s'écarter de 107 milles de sa route pour éviter la rencontre des glaces. On sait de plus que les voyages d'aller vers l'Amérique sont plus longs que ceux de retour parce qu'on a à vaincre le courant du Gulfstream pendant trois jours. Le chemin effectué pendant les sept jours pleins du trajet ont été 428, 408, 419, 403, 410 et 381 milles, la moyenne est de 410 par vingt-quatre heures; c'est la première fois qu'un navire a donné ce chiffre pendant sept jours consécutifs, ce qui fait une moyenne totale de 17.1 milles à l'heure; la moyenne maximum par jour s'étant élevée à 17.7.

Ces magnifiques résultats ne satisfont pas même et on se préoccupe de divers côtés de réduire encore la durée des traversées entre l'Europe et les États-Unis.

Il semble toutefois que, pour y arriver, il faudra se départir quelque peu du système actuel de construction; les journaux américains donnent des détails sur une tentative que prépare un ingénieur suédois établi aux États-Unis, le capitaine C. G. Lundborg. Le projet comporte un steamer à double hélice devant réaliser la vitesse de vingt nœuds. Les dimensions seraient,

longueur 137 mètres, largeur maximum 20 mètres, tirant d'eau 7 mètres, déplacement 10.880 tonneaux.

L'appareil moteur se composerait de quatre machines Compound, deux pour chaque propulseur, pouvant développer une puissance collective de 18.000 chevaux indiqués. Le navire pourrait porter 600 passagers de première classe, 1.000 de seconde et de troisième, 550 tonneaux de chargement et 2.700 tonneaux de charbon.

La construction serait faite en acier avec une extrême solidité, double fond et cloisons étanches longitudinales et transversales de manière à rendre le navire à peu près insubmersible. Le faible rapport de la longueur qui n'est que de 7 au lieu de 10 à 11, comme dans beaucoup de steamers actuels, contribuera à la solidité de la coque. Celle-ci a d'ailleurs une forme toute particulière. Le volume principal immergé de celle-ci est à l'arrière, la plus grande largeur se trouve à $4^{m},50$ environ au-dessous de la flottaison et la carène se termine à l'arrière par une sorte d'étambot horizontal d'où sortent les arbres des hélices. Cette forme donne de la capacité et permet de loger des machines de grande puissance : les lignes sont belles et l'eau a toutes les facilités possibles d'accès et de sortie, en outre les arbres de l'hélice sont bien soutenus et sont partout à l'intérieur de la coque; il n'y a donc pas besoin de supports et de consoles comme avec les systèmes ordinaires d'hélices jumelles. Il y avait d'ailleurs nécessité d'employer deux propulseurs par suite de la difficulté d'accumuler une puissance aussi énorme sur un seul arbre et une seule hélice.

Le *City of Rome*, le *Servia* et l'*Alaska* emploient probablement 8,000 à 10,000 chevaux indiqués pour faire de 16 à 17 nœuds, et le capitaine Lundborg pense que, pour atteindre une vitesse supérieure de 3 à 4 nœuds et arriver à 20, il leur faudrait développer une puissance de 16,000 à 20,000 chevaux indiqués; au cas même où de pareilles machines pourraient être mises à bord de ces navires, il serait difficile et peu prudent de les atteler à un seul arbre d'hélice.

Une autre particularité importante est la forme de l'avant, qui a le maximum d'acuité à la flottaison, contrairement à ce qui se pratique ordinairement; en d'autres termes, les lignes d'eau deviennent de plus en plus pleines en approchant du fond.

L'inventeur explique cette disposition anormale par des expériences qui, d'après lui, indiquent que l'eau doit être divisée à la surface et que cette forme donne au navire une stabilité propre qui dispense de mettre autant de poids dans les fonds, et qui réduit l'amplitude des oscillations du navire, point capital pour le nombre infini de gens qui craignent le mal de mer. Il y a deux gouvernails, un en avant de chaque hélice, mais manœuvrés ensemble et les hélices étant placées à une assez grande distance de l'arrière, peuvent tourner dans une eau non entraînée déjà par le mouvement du navire, ce qui est un avantage au point de vue de l'effet utile.

Le capitaine Lundborg, associé à une maison de New-York, a l'intention d'établir entre cette ville et Liverpool une ligne regulière de paquebots-

poste qui dépassera toutes les lignes existantes en vitesse et en confortable.

M. W. Denny, de Dumbarton, un des premiers constructeurs de l'Angleterre, a touché en passant la question des paquebots à vitesse de vingt nœuds dans un mémoire, sur la vitesse et le port des navires à hélice, lu par lui le 20 janvier de cette année devant la Société philosophique de Greenock, à l'occasion de l'anniversaire de la naissance de James Watt.

M. Denny croit que le problème sera résolu avant un temps bien long, mais il pense qu'il ne le sera que par des études complètes sur les diverses parties qui sont relatives à la question de la propulsion des navires.

Il faut en effet des machines d'une extrême légèreté dépensant très peu de combustible, des coques à la fois très légères et très résistantes, construites, bien entendu, en acier ; les dimensions doivent être étudiées avec le plus grand soin. Ces navires ne devront probablement pas dépasser la longueur de 152 mètres (500 pieds anglais). Une difficulté sera certainement celle de s'entendre pour les échantillons avec le Lloyd ou autre Société de surveillance, et il est probable qu'il sera préférable de ne pas faire *classer* ces navires. Il est certain que le rôle des Associations de surveillance est d'enregistrer les résultats pratiques obtenus et de les utiliser pour la construction de navires du même genre et non de prévoir la construction de nouveaux types.

Les torpilleurs à grande vitesse de MM. Thornycroft et Yarrow ont donné des résultats merveilleux : l'emploi des chaudières de locomotives et de la chauffe sous pression a permis de développer des puissances énormes sous un faible poids, mais la dépense de combustible est relativement considérable. Un moyen de réduire celle-ci, ainsi que l'importance des chaudières, est l'emploi des pressions de 8 à 9 kilogrammes utilisées avec les machines à triple expansion de M. Kirk, telles que celle qui vient d'être montée sur le steamer *Aberdeen* machine qui, d'après quelques essais préliminaires, semble n'avoir guère brûlé que 0 k. 600 par cheval indiqué et par heure. Il est intéressant à ce propos de remarquer que, si deux ingénieurs anglais MM. Kirk et Taylor se disputent l'honneur d'avoir fait en Angleterre la première machine à triple expansion (en dehors du système Perkins qui utilise depuis longtemps la triple détente), il est incontestable que notre collègue, M. B. Normand, les a devancés en France depuis plusieurs années. Il a en effet, dès 1872, construit des machines où la détente se faisait dans trois cylindres successifs. La disposition employée était précisément celle qu'emploie M. Taylor. Une ces machines, sinon la première, a été montée sur le bateau omnibus n° 30 de la Seine.

En tout cas, si on se rappelle que les premières embarcations à vapeur ne datent pas de plus de vingt ans, qu'à l'origine on regardait une vitesse de 8 nœuds comme satisfaisante et qu'on admettait comme démontré qu'il était à peu près impossible d'en faire qui puissent réaliser des vitesses bien supérieures à 10 nœuds, on reconnaîtra que les vitesses de 22,5 nœuds, obtenues avec des torpilleurs qui ne sont guère que de grandes embarcations,

montrent que le problème dont nous parlons ne présente pas des perspectives bien décourageantes. Les paquebots-poste qui donnaient il y a peu d'années des moyennes de 13 nœuds étaient considérés comme remarquables, on a vu au début de cet article qu'on a obtenu 17. Les personnes qui redoutent la longueur de la traversée pour aller aux États-Unis n'attendront peut-être pas bien longtemps avant de la voir réduite dans de notables proportions.

La marine marchande en Angleterre. — Quelques recherches relatives à la question qui précède nous ont conduit à extraire d'un mémoire lu par M. James Dunn, devant l'*Institution of Naval Architects* quelques renseignements d'un grand intérêt au sujet du développement de la marine marchande en Angleterre.

En 1850, 12 pour 100 seulement du tonnage effectif, c'est-à-dire du port en lourd, étaient représentés par les navires à vapeur; en 1880, la proportion est de 62 pour 100. Alors que le tonnage effectif a subi pour les navires à voiles une augmentation, (augmentation qui s'est produite presque uniquement dans les 10 premières années de cette période) de 60 pour 100, celle de navires à vapeur a été de 1750 pour 100.

Depuis plusieurs années le nombre des navires à voiles diminue en Angleterre, cette diminution se porte sur toutes les dimensions sauf sur une. Sur celle-ci il y a eu un accroissement de 50 pour 100; il s'agit des navires de 1,400 à 2,000 tonneaux, c'est-à-dire des plus grands navires à voiles qu'on construit encore sur une grande échelle pour la ligne *White-Star* et quelques autres et il semble qu'on pourra encore pendant quelques années employer avec avantage les navires de ce genre pour les très longs parcours. A part cette exception, l'absorption du trafic, d'abord des passagers, puis des marchandises, par les navires à vapeur devient générale.

Si on examine le mode de construction des coques, on trouve que 20 pour 100 du tonnage pour l'empire Britannique et seulement 5 pour 100 dans le Royaume-Uni se font en bois. Mais aujourd'hui le fer n'est qu'un intermédiaire, il commence à être remplacé par l'acier.

On a construit en 1879, 21,000 tonneaux de navires en acier, en 1880, 36,600 tonneaux et en 1881, 45,000. Il semble que pour les navires à long parcours la question est déjà tranchée en faveur de l'acier.

Le total des entrées et sorties, dans les ports du Royaume-Uni, de navires anglais faisant le commerce avec l'étranger s'est élevé de 9 1/2 millions de tonneaux en 1850, à 41 1/2 millions de tonneaux soit une augmentation de 340 pour 100. En 1850, il y avait un cinquième de navires à vapeur, tandis qu'en 1880 il y en a les trois quarts.

Les autres pays ont également depuis trente ans augmenté leurs tonnage et leur trafic, mais dans une bien moins grande mesure, l'augmentation n'a été pour eux que de 230 pour 100, au lieu de 380. On estime la valeur totale actuelle des navires de commerce anglais de 150 à 200 millions de livres sterling, soit 3, 75 à 5 milliards de francs.

Des progrès semblables ont été faits dans certaines branches du trafic ma-

ritime, ainsi, de 1850 à 1862, les deux tiers du commerce entre l'Angleterre et les ports des États-Unis sur l'Atlantique se faisaient par des navires américains. En 1865 ces navires ne faisaient plus que le quart et, en 1880, bien que l'importance absolue du trafic soit le triple de celle de 1850, les Américains ne font que 7 pour 100, alors que les Anglais font 77 centièmes, soit 11 fois.

Il en est de même pour les Indes Orientales ; les marines étrangères font à peu près le même chiffre qu'il y a vingt-cinq ans, mais la marine britannique transporte 7 fois autant qu'alors.

Les quatre cinquièmes du tonnage qui passe par le canal de Suez est sous pavillon anglais. Entre 1874 et 1880, le tonnage qui passe par le canal a doublé, mais le tonnage moyen des navires ne s'est accru que d'un dixième ; cela tient d'abord à la limite de tirant d'eau imposée par la profondeur du canal et en outre à ce que beaucoup de petits steamers de charge ont été récemment mis sur les lignes qui passent par le canal à la suite de la diminution du trafic dans la mer Noire et la Méditerranée. Si enfin on considère l'industrie de la construction des navires en Angleterre, on trouve qu'il s'y fait la totalité des navires anglais et les 70 centièmes des navires étrangers.

COMPTES RENDUS

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

MARS 1882.

Mémoire sur le **Transport électrique de l'énergie**, par M. Maurice Lévy, ingénieur en chef des ponts et chaussées.

Le but de l'opération est ceci :

On dispose en un certain lieu A d'une source permanente d'énergie sous forme quelconque (travail mécanique, chimique ou calorifique) ; on voudrait l'utiliser, sous la même forme ou sous une forme différente, en un autre lieu B placé à une distance quelconque de A.

L'auteur pose d'abord les équations fondamentales du problème ; d'après la loi de Joule, si E est la force électro-motrice siégeant en A et I l'intensité

du courant supposé constant qu'elle fera naître, son travail par seconde sera E I, c'est le travail moteur reçu par A, on a donc :

$$T_m = E\ I. \qquad (1)$$

L'appareil B, par cela seul qu'il produit un travail extérieur T_u, devient le siège d'une force électro-motrice E', dirigée de façon à diminuer l'énergie du circuit de tout le travail produit au dehors, il faut donc que cette force soit dirigée en sens contraire du courant. La quantité d'énergie qu'elle enlèvera au courant sera E' I, tel sera donc aussi le travail produit par l'appareil et on aura :

$$T_u = E'\ I. \qquad (2)$$

D'ailleurs, le régime permanent étant supposé établi, le théorème des forces vives nous apprend que le travail moteur se compose du travail utile, plus le travail perdu à échauffer le circuit. Or, si S est la résistance totale du circuit, se composant de la somme des résistances des appareils générateur et récepteur et du circuit extérieur, ce dernier travail est, d'après la loi de Joule, SI^2. Donc on a :

$$T_m - T^u = S\ I^2. \qquad (3)$$

Ces trois équations très simples sont les seules dont on ait besoin et permettent d'étudier toutes les circonstances importantes du problème du transport de l'énergie, quelle que soit la forme de l'énergie et quelle que soit la nature des appareils ou machines employés pour réaliser l'opération.

Les équations contiennent six quantités et, si on en connaît trois, on pourra trouver les trois autres.

La résolution des équations donne :

$$\left.\begin{aligned} I &= \frac{E \pm \sqrt{E^2 - 4\ S\ T_u}}{2\ S} \\ E' &= \frac{E' \mp \sqrt{E^2 - 4\ S\ T_u}}{2} \\ \frac{T_u}{T_m} &= \frac{E'}{E} = \frac{1}{2} \pm \frac{1}{2}\sqrt{S - T} \end{aligned}\right\} \qquad (4)$$

C'est-à-dire, que, connaissant la résistance S du circuit, le travail utile T_u qu'on veut obtenir et la force électro-motrice de la machine génératrice qu'on emploie, on peut obtenir le travail moteur T_m à dépenser ou le rendement $\frac{T_u}{T_m}$, l'intensité I du courant et la force électro-motrice E', qui naîtra en B.

En examinant les conditions de possibilité de l'opération, l'auteur trouve d'abord qu'il existe, pour la résistance à travers laquelle on peut transmettre une quantité donnée T_u d'énergie, une limite qu'on ne peut pas

franchir, quelque grande que soit la force mécanique dont on dispose, quelque puissantes que soient les machines électriques mises en œuvre.

Au delà de cette limite, la puissance des machines produit, non pas un courant et par suite le fontionnement des appareils récepteurs, mais uniquement des étincelles électriques le long du circuit.

On conclut également que le rendement n'est pas indépendant de la quantité d'énergie T_u à transmettre; il devient, toutes choses égales d'ailleurs, d'autant plus petit que cette quantité est plus grande.

Ainsi, quand on parle de rendement dans l'opération du transport électrique, il est indispensable de spécifier à quelle quantité d'énergie transmise il se rapporte. Si on a vingt chevaux à transporter, on obtiendra, toutes choses égales d'ailleurs, un rendement plus faible que si on n'en a que dix.

Après avoir discuté quelques paradoxes relatifs au rendement et montré que les lois fondamentales du transport de la force par l'électricité, lorsqu'on suppose la permanence complète des courants, ne peuvent différer en rien de celles relatives à son transport par une simple conduite d'eau dans laquelle la vitesse resterait modérée, l'auteur arrive à conclure que :

1° Le problème du transport de l'énergie, à une distance quelconque, avec un rendement donné, ne trouve aucune solution dans les lois qu'on pourait appeler les lois de similitude énoncées jusqu'à présent;

2° Que le problème peut être résolu théoriquement sans limite, pratiquement sous certaines réserves, par l'emploi de machines de type courant et uniforme pour toutes les transmissions grandes ou petites, pourvu qu'on accouple, suivant l'importance de la transmission, un nombre plus ou moins grand de ces machines, non en tension, mais en quantité;

3° On pourra réduire un peu le nombre des dérivations portant les machines, en excitant quelques-unes de celles-ci en dérivation;

4° Il n'y a aucun intérêt, au point de vue du transport de la force, à construire des machines de dimensions colossales; il est préférable d'employer les machines des types courants qui, étant accouplées sur des dérivations distinctes, peuvent, si l'une d'elles est momentanément mise hors de service, continuer à fonctionner et même suppléer complètement à celle qui fait défaut, par une élévation temporaire de leur tension;

5° Pour établir ces types courants de machines utilisables dans les transmissions, il est nécessaire d'entreprendre, avant tout, des expériences pratiques pour savoir exactement quelle est la plus grande tension que peut subir, en toute saison, une ligne aérienne ou souterraine. Les machines devront ensuite être établies de façon à pouvoir fournir cette tension sans vitesse exagérée de leurs anneaux.

L'auteur croit toutefois devoir indiquer que diverses circonstances font que ce qui précède ne saurait être regardé que comme constituant une première approximation et qu'on doit, comme on le fait en résistance des matériaux,

« se garder de l'espoir de réaliser, même de loin, les résultats extrêmes que ces formules promettent. »

Les tarifs de petite vitesse des chemins de fer de l'état belge, par M. Ch. Baum, ingénieur des ponts et chaussées.

L'auteur se propose d'étudier le tarif intérieur de petite vitesse (tarif n° 3) du réseau de l'État dont la longueur représente 70 pour 100 du développement des chemins de fer belges; ce tarif porte, en effet, beaucoup plus que les tarifs internationaux ou ceux de transit, le cachet du système économique appliqué en matière de transport par chemin de fer.

Le mémoire passe en revue et analyse les systèmes de tarifs appliqués en Belgique avant le système actuel, savoir tarif de 1837, époque à laquelle le réseau n'avait que 200 kilomètres, tarifs de 1839, de 1840, de 1841 à 1848, tarifs de 1848 où commence la seconde période du développement de la tarification de l'État belge, tarif de 1853 et période de 1853 à 1865; la période des essais et des tâtonnements a duré près de trente ans et l'État belge a appliqué sur ses lignes les systèmes de tarifs les plus variés, reposant sur des principes souvent tout à fait contradictoires, mais, pendant toute cette période d'élaboration, il a fait un usage constant des indications que lui fournissait la statistique du trafic des recettes de son réseau.

Le système définitif du tarif des marchandises adopté sur le réseau de l'État belge est celui du tarif de 1865; le tarif général intérieur de petite vitesse comprend quatre classes, où la valeur et la nature des marchandises ont servi de base à la classification; les taxes sont différentielles, et les divisions sont faites de 0 à 5 kilomètres, 6 à 75, 76 à 150, 151 à 200, et au delà de 200.

En comptant les frais fixes qui sont de 1 franc par tonne pour chacune des trois premières classes et de 0 fr. 50 par tonne pour les parcours de 1 à 24 kilomètres dans la quatrième classe, on trouve que les prix de transport pour les quatre classes de la petite vitesse correspondent, pour des parcours variant de 100 en 100 kilomètres, aux taxes suivantes par tonne et par kilomètre.

PARCOURS.	TAXES PAR TONNE ET PAR KILOMÈTRE.			
	1re classe.	2e classe.	3e classe.	4e classe.
kilomètres.	centimes.	centimes.	centimes.	centimes.
100	10.50	8.00	6.25	4.50
200	8.75	5.25	3.75	2.75
300	7.16	4.16	2.83	2.16
400	6.38	3.62	2.38	2.00

Il y a des transports par abonnements, mais quelques grands industriels s'en servent presque seuls et l'importance de ces transports est insignifiante puisque, en 1880, ils n'ont donné qu'une recette de 0,19 pour 100 de la recette totale d'exploitation.

Les tarifs spéciaux n'ont pas l'importance qu'ils ont acquise en France; en 1880 la recette de ces transports a été seulement 27,55 pour 100 de la recette totale de la petite vitesse; en France elle représente les trois quarts.

En somme les traits caractéristiques du tarif général de 1880 de l'État belge sont: le peu d'élévation des taxes et la décroissance rapide des taxes à mesure de l'augmentation du parcours de la marchandise sur le réseau.

Voici les tarifs moyens perçus dans les trois dernières années.

ANNÉES.	PRODUIT MOYEN d'une tonne.	PARCOURS MOYEN d'une tonne.	TARIF MOYEN perçu.
	francs.	kilomètres.	centimes.
1878	3,447	70.51	4.89
1879	3,454	69.64	4.96
1880	3,425	70.48	4.86

On trouve que les tarifs moyens par tonne et par kilomètre pour 1879 ont été dans divers pays les suivants : France, Nord 5.57, Est 5.68, Ouest 6.27, Orléans 6.29, P.-L.-M. 5.56, Midi 7.19, chemins d'Alsace-Lorraine 5.09, État de Bade 7.31, État Bavarois 6.33, État de Wurtemberg 7.96, État allemand 5.89, réseau allemand 5.63, Nord Autrichien 7.11. Le tarif moyen de l'État belge est donc plus faible que celui de toutes les lignes de France, Allemagne et Autriche-Hongrie, c'est celui des lignes d'Alsace-Lorraine qui s'en reproche le plus.

Le mémoire donne également le prix de revient du transport de la tonne à un kilomètre qui a été en 1878 de 2.88 centimes, en 1879 de 2.84 et en 1880 de 2.82. Les chiffres correspondants pour 1879 sont pour le réseau français, grandes Compagnies 2.85, décomposé en ancien réseau 2.50, nouveau réseau 4,00, État de Bade 2.99, État de Bavière 2.64, réseau allemand 2.34, réseau Austro-Hongrois 2.88. Il faut remarquer que l'État belge est dans des conditions exceptionnellement favorables pour les matières consommées, surtout pour les combustibles.

M. Baum indique que les coefficients d'exploitation ont été sur l'État belge.

En 1878	de	60.17	pour	100
— 1879	—	59.13	—	
— 1880	—	59.52	—	

En 1879 le chiffre moyen correspondant pour le réseau français d'intérêt

général n'a été que de 51.6 pour 100, les coefficients extrêmes étant 44.2 pour le Paris-Lyon-Méditerranée et 61.4 pour l'Est.

La remunération du capital avancé par le Trésor pour la création du réseau de l'État a été en 1878 de 3 pour 100, en 1879 de 3.65 et en 1880 de 3.90. En 1879 le rapport du produit net au capital de construction a été, pour le Nord, de 7.46 pour 100; pour l'ensemble du réseau français de 4.53, pour l'Alsace-Lorraine 2.99, pour le réseau allemand 4.41, pour le Nord autrichien 8.10 et pour le réseau Austro-Hongrois 4.03.

Le mémoire entre ensuite dans l'examen de la comparaison des taxes de transport des tarifs belges avec celles des tarifs français, allemands et austro-hongrois et il conclut que le système belge ne saurait être adopté, tel qu'il est, sur un réseau ayant de longs parcours, sans rompre l'équilibre entre les recettes et les dépenses et sans entraîner des déficits dans l'exploitation, parce que les prix de transport deviennent de moins en moins remunérateurs avec l'augmentation des distances parcourues; ainsi le parcours moyen d'une tonne n'est, comme on l'a vu, sur l'État belge que de 70.51 kilomètres alors qu'il est de 182, 1 kilomètres sur le P.-L.-M. et de 203.4 sur l'Orléans.

En resumé, on peut dire que le gouvernement belge s'est placé, pour l'exploitation de ses lignes, à un autre point de vue que ceux d'entre les gouvernements en Europe qui ont assimilé l'exploitation d'un chemin de fer à une industrie et qui se sont efforcés de développer le caractère industriel de cette exploitation; il lui fait, au contraire, porter le cachet d'un service public, en l'appelant à satisfaire dans la plus large mesure aux nécessités de l'intérêt général.

De l'effet des endiguements sur le profil en long d'une rivière à fond mobile, que M. P. du Boys, ingénieur des ponts et chaussées.

L'auteur rappelle que, quand on endigue une rivière à fond mobile, on modifie les conditions d'écoulement. Il peut donc arriver qu'on détruise l'équilibre préexistant entre la force du courant et la résistance du fond. De là des changements dans le profil en long dont on néglige ordinairement de tenir compte dans les prévisions et dont les effets peuvent surprendre d'une façon funeste.

Les formules ordinaires de l'hydraulique sont impuissantes pour les calculer, car elles supposent que le fond reste fixe, ou bien, si l'on prévoit une modification du fond, on la détermine arbitrairement.

L'auteur s'est proposé d'appliquer dans ce genre de recherches les formules qu'il a établies dans un mémoire sur le *Rhône et les rivières affouillables* publié dans les *Annales des Ponts et Chaussées* en août 1879.

Explosions de chaudières survenues pendant l'année 1880, 25 accidents ayant causé la mort de 30 personnes et des blessures à 30 autres.

Sur le nombre des appareils avariés il y avait 10 chaudières chauffées

extérieurement, 8 à foyer intérieur, 6 récipients et un autre appareil. Les causes des accidents ont été : conditions défectueuses d'établissement 4; conditions défectueuses d'entretien 9; mauvais emploi des appareils 13; causes restées inconnues 3; on fait observer comme toujours que le nombre total des causes est supérieur à celui des accidents parce que le même accident a été quelquefois attribué à plusieurs causes réunies.

AVRIL 1882.

Étude sur le **Domaine public maritime** et les attributions de l'Administration des travaux publics en matière de conservation des rivages et de police des ports, par M. BECHMANN, ingénieur des ponts et chaussées. Ce mémoire très considérable, mais d'un caractère un peu spécial, comprend deux parties dont la première traite du *domaine public maritime* et la seconde *du rôle, des pouvoirs et des attributions de l'administration des travaux publics dans la gestion du domaine public maritime.*

Essais de **cylindrage à vapeur** pour les recharges d'entretien dans le département des Ardennes, par M. LANCRENON, ingénieur des ponts et chaussées.

Ce mémoire est intéressant à rapprocher de celui de M. Thanneur que nous avons signalé dans la Chronique de février, page 234.

Les essais ont été faits avec un rouleau Gellerat pesant 26 tonnes; on a trouvé par comparaison qu'alors que le cylindre par traction de chevaux coûtait 2 fr. 45 par mètre cube, l'emploi de la vapeur a donné un prix de 2 fr. 01, 2.42 et 2.45 pour le même travail. La différence est en somme peu sensible.

L'auteur croit qu'on réaliserait une économie importante en renonçant à l'intermédiaire d'un entrepreneur et en exécutant les cylindrages au moyen d'une machine appartenant à l'État, affectée au service d'un département et desservie par un personnel spécial assimilé à celui des cantonniers et chefs cantonniers.

La dépense de cette machine pourrait être évaluée à 24,000 francs par an, dont 7,500 pour le personnel, 7,500 pour le combustible et le graissage et 9,000 francs d'amortissement et de réparations. La machine en 120 jours, déplacements compris, cylindrerait 15,000 mètres cubes, ce qui ferait une dépense de 1 fr. 60 par mètre cube. Le prix final du mètre cube de matériaux transformé en chaussées, tout compris, reviendrait à 3 fr. 40.

Note sur la détermination graphique de la **poussée des terres**, par M. JACQUIER, ingénieur des ponts et chaussées.

Cette note contient des figures sans le secours desquelles il serait difficile de faire comprendre la méthode de l'auteur.

COMPTES RENDUS MENSUELS DES RÉUNIONS DE LA SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

DISTRICT DU SUD-EST.

Séance du 2 avril 1882.

Congrès d'Alais. — Indication des adhésions et des communications inscrites.

Dépôts de dynamite. — M. Murgue rend compte des travaux de la Commission des dépôts de dynamite, qui s'est réunie à diverses reprises et présente les conclusions que cette commission se propose d'introduire dans son rapport définitif.

Elle a constaté que, à consommation égale, les accidents dus à la dynamite sont bien moins nombreux, mais qu'en revanche ils sont plus graves, en somme, comme les dépôts sont moins importants avec la dynamite, la comparaison finale est en faveur de celle-ci.

La commission, en présence de ce qui passe à ce sujet en Belgique et en Angleterre, croit devoir soumettre à l'approbation de la réunion les propositions suivantes.

Les dépôts de dynamite sont, comme par le passé, divisés en trois catégories :

1° Les dépôts contenant plus de 50 kilog. ;
2° Les dépôts contenant de 5 à 50 kilog. ;
3° Les dépôts de moins de 5 kilog.

Les dépôts de la première catégorie sont divisés en onze classes, A, B, C, D, etc., assujetties à certaines conditions très précises de quantité et de distance.

Les autorisations sont accordées par le préfet sur le rapport de l'ingénieur des mines ou des ponts et chaussées, chargé de constater si les conditions précédentes ont été observées.

Certaines atténuations ou tolérances pourront être accordées pour les dépôts de consommation, lorsque les prescriptions réglementaires paraîtront trop rigoureuses eu égard aux circonstances.

L'appel contre les décisions préfectorales peut être exercé devant le ministre et les tribunaux administratifs.

Les dépôts de consommation de la deuxième catégorie seront l'objet

d'une simple déclaration de la part du permissionnaire, déclaration accompagnée du plan du dépôt et des objets voisins dans un rayon de *n* mètres.

L'autorisation pourra être considérée comme acquise si, dans le délai d'un mois après le dépôt de la déclaration, le préfet n'a pas fait d'opposition.

Les dépôts de troisième catégorie sont libres, pourvu que le dépositaire justifie de sa qualité de consommateur.

La commission, considérant en outre que la France est le seul pays qui perçoive un impôt sur la dynamite, impôt qui représente la moitié du prix de la dynamite n° 3, de beaucoup la plus employée dans le Gard, est d'avis de joindre à la demande de revision de la législation sur les dépôts d'explosifs, une demande de réduction de l'impôt de 2 francs spécifié par la loi du 8 août 1875.

Les conclusions de la commission sont approuvées à l'unanimité.

DISTRICT DE BOURGOGNE, SÉANCE DU 13 FÉVRIER 1882, A MONTCHANIN.

Communication de M. GRAILLOT, sur des **Expériences faites sur un treuil mû par l'électricité.**

Les expériences dont il s'agit, permettent de conclure que :

1° Dans les limites où on a opéré, la distance n'a pas eu d'influence sensible sur le rendement ;

2° Il faut transmettre à peu près le travail pour lequel l'appareil a été établi. Dans ces conditions on obtient facilement un rendement de 50 pour 100. Une expérience a même donné 56 pour 100 ; mais, comme elle était en discordance avec la plupart des autres, on l'a éliminée comme probablement entachée d'erreur.

Note de M. POISOT, sur le **Transport par locomotive dans les mines.**

Le roulage par locomotives dans les mines de Mazenai était gêné par le patinage dû à la fumée et à la condensation de la vapeur d'échappement sur les rails : à la remonte de la rampe de 15 millièmes, malgré le sable fin lancé sur les rails, le patinage se produisait d'une manière intense, ce qui entraînait : 1° une dépense considérable de combustible ; 2° une détérioration du mécanisme de la machine et 3° une usure rapide des rails.

Un jet de vapeur, dû à une fuite du joint d'un des purgeurs de cylindre, ayant par hasard lavé le rail, on a remarqué que le patinage ne se produisait pas ; on a en conséquence modifié les purgeurs pour les faire cracher directement sur les rails, ce qui a bien réussi.

L'auteur rappelle à ce sujet que, dans le tunnel du Hauenstein, sur le

Central-Suisse, où il y a une rampe de 27 millièmes, on a depuis plusieurs années remplacé par un jet d'eau chaude lancé sur les rails l'emploi du sable, qui déterminait une usure rapide des rails.

Nous ferons remarquer que l'emploi de l'eau est connu depuis longtemps et que nous avons, dans la séance du 7 mai 1875 de la Société des Ingénieurs civils, signalé le remplacement du sable par l'eau à la remonte de rampes de 70 millièmes effectuée par des machines à adhérence ordinaire au chemin de fer de l'Uetliberg, en Suisse[1].

Communication de M. DURAND, sur un **Régulateur de vitesse pour plans inclinés.**

Cet appareil, employé aux mines de Saint-George, est un moulinet à trois ailettes en bois fixées sur des bras en fer, maintenus sur un moyeu en fonte claveté sur un arbre relié par des engrenages à l'arbre des treuils ; les ailettes ont chacune 1 mètre de largeur sur 1m,350, dans le sens du rayon ; cet appareil a donné les meilleurs résultats, il n'a pas coûté plus de 2,650 francs.

RÉUNION DE SAINT-ÉTIENNE, 1er AVRIL 1882.

Observations de M. GIBAND sur les **fours à coke de Campagnac.** Ces observations sont une réponse à la note de M. Seibel que nous avons mentionnée précédemment.

Indicateur de grisou. Il s'agit d'une réclamation de M. Mallard qui revendique la propriété d'un appareil que M. Cosset-Dubrulles a décrit à la séance du district du Nord (voir compte rendu d'avril, page 500), en s'en attribuant l'invention.

Communication de M. GIBAND sur les **tramways à vapeur de la ville de Saint-Étienne.** Ces tramways comprennent plusieurs lignes dont celle de Bellevue à la Terrasse, de 5.300 mètres de longueur, est actuellement en exploitation.

La voie et du système Demerbe, elle a un mètre d'écartement ; il n'y a qu'une voie avec des voies d'évitement aux points convenables.

La voie pèse 70 k. 250 par mètre courant, dont 60 kil. pour les rails; elle a coûté toute posée 35,000 francs le kilomètre; on espère que l'usure sera très faible.

Les machines construites à Winterthur pèsent 12,500 kilogrammes et

1. *Mémoires et Compte rendu des travaux de la Société des Ingénieurs civils*, année 1875, page 300.

coûtent, rendues à Saint-Étienne, 25,000 francs ; elles peuvent remorquer 16 tonnes sur la rampe de 6 centimètres qui est entre la Croix-de-l'Orme et la Ricamarie ; dans la traversée de Saint-Étienne où la rampe maxima est de 3 centimètres, le poids du train remorqué pourrait aller à 40 tonnes.

Les voitures fermées portent 32 personnes et pèsent 2,600 kilogrammes, les voitures ouvertes portent 41 personnes et pèsent 2,500 kilogrammes.

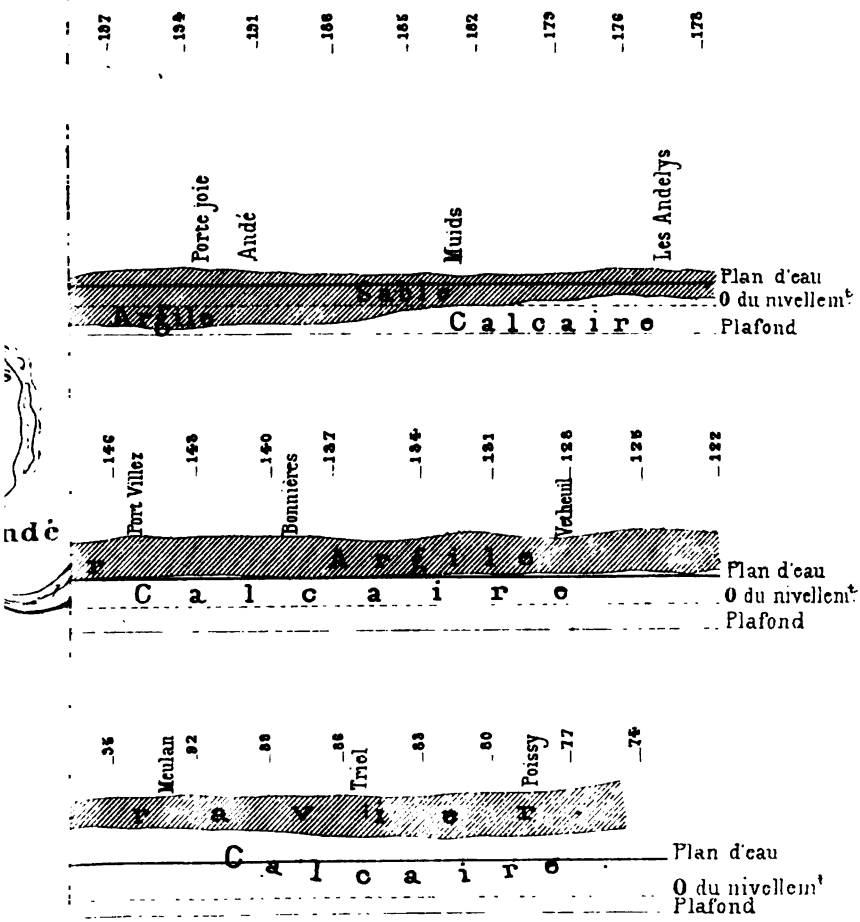
L'exploitation est encore trop récente pour qu'on puisse établir exactement le prix de revient par kilomètre ; la communication indique seulement qu'on dépense 3 1/2 kilogrammes de coke métallurgique à 10 pour 100 de cendres par kilomètre parcouru par la locomotive.

Communication de M. Brustlein sur **la fabrication des tubes en acier pour canons**. Cette communication est un résumé du mémoire lu à la session d'automne de 1881 de l'*Iron and Steel Institute*, par le colonel Maitland, directeur de l'atelier des canons à l'arsenal de Woolwich, sur la fabrication des pièces d'artillerie et les essais auxquels sont soumis les aciers dans cet établissement ; la communication de M. Brustlein se termine par une comparaison entre les résultats des aciers anglais et de ceux de fabricants français qui semblent indiquer un certain avantage en faveur de ces derniers.

Le Secrétaire-Rédacteur,

A. Mallet.

PARIS. — IMPRIMERIE E. CAPIOMONT ET V. RENAULT, RUE DES POITEVINS, 6.
Imprimeurs de la Société des Ingénieurs civils.



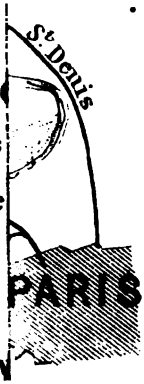
10 kil

Echelle des Hauteurs.

1 mill.tre par mètre.

stances.

L



L S

sse

faite

l Gr

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

JUIN 1882

N° 6

Pendant le mois de juin les questions suivantes ont été traitées :

1° *Isthme de Panama*, voyage de M. Hersent. (Séance du 2 juin, pages 635 et 686.)

2° *Paris port de mer*. (Séance du 2 juin, page 688.)

3° *Situation financière de la Société*. (Séance du 16 juin, page 707.)

4° *Accidents industriels* (la liberté des mesures contre les), par M. Salomon. (Séance du 16 juin, pages 653 et 709.)

5° *Ballastage et traverses de la voie des chemins de fer*, par M. Bergeron. (Séance du 16 juin, page 710.)

Pendant le mois de juin, la Société a reçu :

De M. J.-A. Bocquet, membre de la Société, un exemplaire de l'ouvrage intitulé : *Éléments de construction de machines.*

De M. Melsens, un exemplaire d'une note sur les *Paratonnerres.*

De M. Émile Trélat, membre de la Société, un exemplaire de son rapport sur l'*Évacuation des vidanges*.

De M. J. Meyer, membre de la Société, un exemplaire d'une note sur le *Chemin de fer de l'Arlberg*.

De M. Gustave Pereire, membre de la Société, des exemplaires d'une brochure intitulée : *Considération sur le rachat des chemins de fer*.

De M. Brüll, membre de la Société, un exemplaire de son étude sur les *Qualités de ciment de Portland*.

Les Membres nouvellement admis sont :

MM.	Arrault,	présenté par MM.	Dru, Godillot et Émile Trélat.
	Berlier,	—	Desnos, Guillon et de La Roche.
	Bonnaud,	—	Évrard (Al.), Évrard (Max.) et Vurgler.
	Chélu,	—	Baudot, Casalonga et Guigon.
	Detraux,	—	Berton, Cerbelaud et Hauet.
	Langrand,	—	Carimantrand, Gottschalk et Mallet.
	Laroche,	—	Chiésa, Huguet et Le Bourhis.
	Lavieille,	—	Barbier, Gaumy et Douau.
	Legrand,	—	Bougault, Delaporte et Germain.
	Marchegay,	—	Bazaine, Lartigue et Lecocq.
	Mathieux,	—	Cochelin, Legat et Peignot.
	Mendez,	—	Carimantrand, Mallet et Marché.
	Pélissier,	—	Blondel, Raabe et Regnard.
	Schotsmans,	—	Cornaille, Rey et Vallot.
	Stein,	—	Fontaine, Herscher et Émile Trélat.
	Van der Elst,	—	Carimantrand, Mallet et Mors.

Comme membres associés :

MM.	De Dax,	présenté par MM.	W. Huber, Desforges et Cornuault.
	De Nayer.	—	Fontaine, Herscher et Émile Trélat.

COMMUNICATION

SUR LE

CANAL DE PANAMA

PAR M. HERSENT.

Le voyage que je viens de faire à l'isthme de Panama me procure l'avantage d'en parler *de visu*, et je suis heureux de pouvoir raconter ici, aux hommes laborieux et sans parti pris qui s'intéressent à tous les progrès et à toutes les grandes œuvres, mes impressions sur la création d'un canal dans ce pays, un peu lointain pour nous, qui, en général, ne sommes pas nés voyageurs.

Il est inutile de refaire l'historique de la question et de rappeler les discussions que le congrès a élaborées et qui, depuis, ont donné lieu, dans les journaux du monde entier, à des controverses animées, mais presque sans valeur, parce que, en général, elles ne sont motivées que par des intérêts particuliers, qui ne nous touchent pas et ne sont pas basées sur des faits.

Je dois d'abord rendre hommage à M. de Lesseps pour son infatigable activité et l'ardeur juvénile qu'il apporte à l'entreprise dont il a pris charge : de pareils hommes sont la gloire d'une génération. Chacun ici connaît assez cette grande figure pour qu'il ne soit pas nécessaire d'insister davantage.

Le voyage de Paris à Colon n'est pas difficile pour les personnes qui ne craignent pas la mer. La traversée de Saint-Nazaire à la Guadeloupe dure quatorze jours sans voir la terre ; de la Guadeloupe, on met sept à huit jours pour atteindre Colon, après des escales à Pointe-à-Pitre, Basse-Terre, Saint-Pierre et Fort-de-France (Martinique), la Guyara, Porto-Cabello, Sabanilla (Vénézuéla).

Ces escales successives font passer le temps plus facilement, car on peut descendre à terre et prendre un peu de repos de la mer; mais la chaleur étant moins supportable à bord qu'en plein air, on est généralement content d'arriver à Colon.

La végétation tropicale fait plaisir à l'arrivée à la Guadeloupe. Sa couleur, d'un beau vert, réjouit, et on ne tarde pas à s'y habituer. L'aspect des villes françaises est agréable, notamment Fort-de-France, à cause de la propreté des rues et d'une abondante distribution d'eau, due à l'initiative de M. l'amiral de Gueydon, dont le nom est très populaire.

L'arrivée à Colon contraste singulièrement avec l'aspect des colonies françaises.

La ville est bâtie sur une île de madrépores tout à fait basse, 1 mètre à 1^{m},50 environ au-dessus du niveau de la mer. Le chemin de fer occupe le rivage nord, et les wagons circulent devant la première rangée de maisons, sans clôtures ni quoi que ce soit pour servir de séparation, ni personne pour dire aux gens qui vont et viennent qu'ils peuvent être écrasés par les machines : chacun doit pourvoir à sa sécurité; les animaux aussi se promènent sur la voie à leurs risques et périls, et parviennent à se garantir à peu près.

L'aspect des maisons en planches ou maçonnées et mal blanchies, la malpropreté des rues, les cloaques d'eau sale, les débris d'incendie, causent en général une impression désagréable; si on y ajoute la couleur des habitants, leur costume et l'absence de l'usage de notre langue, on éprouve presque immédiatement un sentiment de tristesse qui fait regretter le bateau à vapeur et la patrie : on a déjà un commencement de nostalgie.

Pourtant Colon n'est pas un point géographique sans importance. Son port reçoit chaque mois de nombreux navires : 3 navires de la Compagnie transatlantique, départs de Saint-Nazaire, Bordeaux, Marseille; 3 services du Royal-Mail; 3 services du Pacific-Mail; 2 services de la Nouvelle-Orléans; 2 services espagnols; environ 20 à 30 navires à vapeur de grand tonnage et des voiliers; c'est donc déjà un port important composé de 5 wharfs accostables des deux côtés et par le bout. Les wagons du Panama-Rail-Road ont accès sur les wharfs. Colon exporte mensuellement de 500 à 1,000 tonnes de bananes récoltées dans l'isthme, notamment dans a vallée du Chagres.

Colon possède des hôtels assez médiocres, de nombreux débits de boissons et des roulettes pour le placement des économies; ces installations de jeu sont communes à toutes les colonies espagnoles.

La population de Colon est d'environ 4 à 5,000 habitants sédentaires, dont un tiers en marchands de toutes nationalités et deux tiers en gens de couleur pour tous les services. On parle surtout anglais à cause de l'organisation du chemin de fer, qui est l'âme du pays, et qui est due aux Américains du Nord. Colon a été baptisé par eux Aspinwal, du nom d'un des fondateurs de la Compagnie du chemin de fer, sans doute pour faire oublier l'origine européenne de la découverte.

Le chemin de fer a deux départs journaliers dans chaque direction et, selon les besoins du transit, des trains spéciaux de marchandises. Le dimanche, arrêt complet, sauf les services accessoires d'eau et de bananes.

La voie unique possède quelques garages pour la rencontre des trains, qui a lieu ordinairement à Mameï, à peu près à mi-chemin de Colon à Panama.

A partir de Colon, la voie s'engage dans la forêt vierge et traverse les terrains bas et marécageux de Mindi pour toucher la rivière Chagres à Gatun, où un village d'indigènes est installé sur la rive gauche. Le chemin de fer continue à remonter le Chagres sur la rive droite, à travers la forêt marécageuse, jusqu'à Buhio-Soldado, où il le retrouve, et où il y a une carrière de grès exploitée par la Compagnie pour ses besoins et pour fournir du lest aux navires.

Après un trajet de 32 kilomètres environ, le chemin de fer traverse le Chagres à Barbacoas sur un pont en fer de cinq ouvertures, et arrive à Mameï, sur la rive gauche. Toute cette partie du parcours est presque horizontale et sans accidents de terrain. De Mameï à Matachin, environ 15 kilomètres, le pays est un peu plus accidenté; la voie, toujours dans la forêt vierge, passe à Gorgona pour arriver à Matachin; elle quitte alors la vallée du Chagres pour remonter celle de l'Obispo, sur la rive gauche. Le pays est ici très accidenté, et, malgré des courbes de petit rayon, 150 à 200 mètres, on a dû faire deux ponts sur la rivière et de nombreuses coupures de roches dans les contreforts; 10 kilomètres environ suffisent pour atteindre le sommet de la Culebra, avec des rampes variables, dont le maximum atteint 11 millimètres par mètre; de la Culebra, la voie prend la rive gauche de la vallée du Rio-Grande pour arriver à Panama.

La construction de la voie n'a rien de remarquable; point de clôtures, point de tablier ni de garde-corps aux ponts afin d'éloigner la fréquentation des gens et des bestiaux; pourtant il n'y a pas d'autre chemin ouvert à la circulation à travers la forêt. La largeur de la voie est de 5 pieds (1m,515) entre les boudins des rails. Les rails nouveaux sont à peu près du type nord-vignole en acier; les traverses et les poteaux de télégraphe sont en bois dur du pays, qui s'altère fort peu. Le gravier du Chagres, à Matachin, est utilisé comme balast. Les wagons de tout modèle, voyageurs, couverts et plates-formes, sont montés sur deux trucs; l'attelage est central et unique; chaque voiture a un petit frein à chaînette. Les locomotives sont à deux axes accouplés, plus une roue porteuse à l'avant; elles pèsent environ 32 à 35 tonnes et sont munies à l'avant d'un chasse-bœufs, pour éviter les déraillements en ménageant quelques-uns des animaux qu'on rencontre sur la voie.

Le service du chemin de fer est aussi simple que sa construction. Il y a un bureau à chaque extrémité; c'est le conducteur du train qui fait le reste de la besogne en route : il reçoit les billets des voyageurs qui en ont et le payement de ceux qui n'en ont pas.

Panama, la capitale de l'État du même nom, est une vieille ville espagnole bâtie sur une presqu'île rocheuse de 5 à 600 mètres de longueur sur 250 mètres de largeur. Il y a une cathédrale, et les maisons sont généralement en maçonnerie. Les rues sont droites et coupées d'équerre. Beaucoup de maisons incendiées n'ont pas été rebâties. C'est d'un aspect assez tranquille, mais triste. Entre le chemin de fer et Panama, il y a un faubourg presque exclusivement habité par les gens de couleur. La population de la ville est d'environ 12,000 habitants en tout; la population indigène répandue dans les divers villages touchés par le chemin de fer et dans les diverses plantations de bananes avoisinantes est d'environ 10,000 habitants de couleur, et le nombre croît sans cesse. Avec les travailleurs du canal, on remarque surtout les parasites venus pour les exploiter : c'est partout la même chose.

Pour l'alimentation, il y a des ressources importantes, et relativement à bon marché. On rencontre beaucoup de bœufs, des vaches, des chèvres, des poules et des dindons en quantité; le dindon se trouve même à l'état sauvage dans la forêt; les porcs se promènent dans les rues, dont ils font le nettoyage avec les gallinaços (espèce de vautour).

A raison du peu de soins dont ils sont l'objet, leur viande est peu estimée.

On récolte des bananes, des oranges, des citrons, et la plupart des grands arbres forestiers fournissent des fruits, que les indigènes consomment et qui leur suffisent pour vivre sans faire grand'chose.

La forêt vierge est à peu près impénétrable dans beaucoup d'endroits. La végétation y est puissante et forme trois couches différentes : d'abord une couche d'herbes diverses enlacées les unes dans les autres de 3 à 4 mètres de hauteur ; les bois qui y croissent, les palmiers et autres arbres ont de 10 à 15 mètres de hauteur et, par-dessus tout cela, les grands arbres de 40 à 50 mètres, sur lesquels poussent des orchidées et des lianes qui rejoignent le sol et qui font comme un immense filet. C'est grandiose comme effet, mais peu agréable quand on doit chercher sa voie à travers cette végétation intense.

Le pays n'est ni désert ni inhabité, mais, à raison de la grande humidité du climat, qui reçoit 2^m à $2^m,50$ de pluie par chaque année, de la température qui oscille entre 20 et 30° au-dessus de zéro, à l'ombre, les miasmes paludéens sont d'autant plus importants que le soleil, n'atteignant pas toujours le sol, celui-ci reste constamment imprégné d'humidité.

Nous espérons que les déboisements qui sont déjà effectués sur certains points, notamment entre Matachin et Pédro-Miguel, en passant la gorge de la Culebra, vont modifier l'état sanitaire en l'améliorant, et nous croyons qu'un meilleur choix dans l'emplacement des habitations et aussi des constructions mieux appropriées, permettront aux Européens de travailler là comme ailleurs, sinon avec la même énergie, du moins avec la même intelligence.

SITUATION DE L'ENTREPRISE DU CANAL

au mois de février 1882.

Les études définitives du canal ont été commencées par l'expédition du personnel, sous la direction de M. Armand Reclus, le 5 janvier 1881.

Depuis lors il a été envoyé à Panama, pour le service des études et

des travaux, 287 Européens, dont 88 sont revenus d'une façon définitive ; 5 sont venus en congé pour retourner, et 20 sont morts, parmi lesquels M. Blanchet, qui nous représentait, M. Étienne, qui faisait partie de notre Société, et d'autres, dignes de sympathie et de regrets.

La mortalité a donc été importante, environ 7 pour 100. Si on tient compte des causes accidentelles de maladie, de celles qui sont dues à des imprudences, on parvient à se rendre compte que si le pays n'est pas ce qu'il y a de mieux, il n'est pas non plus aussi malsain qu'on l'a dit et écrit sur tous les tons. L'Algérie a été plus mauvaise il n'y a pas longtemps.

La ligne est tracée sur plus de la moitié de la longueur, et la surface du sol y est déboisée ; le déboisage et le brûlage des broussailles continuent, de sorte qu'avant la fin de la présente année, on pourra circuler sur toute la longueur du tracé, en apprécier le sol et mesurer exactement les inconvénients et les difficultés d'exécution.

De nombreux sondages ont été faits sur l'axe, notamment dans la partie de la grande tranchée, entre Matachin et Pédro-Miguel, et l'inspection des localités permet de se faire une opinion sur la nature du sol, qui est déjà attaqué sur plusieurs points.

L'emplacement présumé du barrage qui doit fermer la vallée du Chagres pour régulariser le débit des eaux de cette rivière, a été exploré et déboisé et on peut déjà se rendre compte que l'endroit désigné a été bien choisi et paraît répondre à sa destination.

A Colon, le port d'entrée du canal sera probablement creusé à l'emplacement de Fox-River, où déjà on organise un port provisoire destiné à abriter le matériel de l'entreprise tout à fait en dehors du port actuel du chemin de fer qui n'aura à subir aucune modification. Cette disposition dans la baie de Colon aura le mérite de ne rien changer à l'état actuel du port, qui n'a à souffrir des nortès que quelques jours par année, et de créer un nouvel abri plus sûr, qui permettra même bientôt d'offrir aux navires trafiquant à Colon un meilleur mouillage que celui qui existe actuellement.

De là, le canal s'engage dans le marais de Mindi en touchant au rivage pour rejoindre la vallée du Chagres à Gatun où le fleuve est coupé dans la boucle qui contient le village.

De Gatun à San-Pablo, la ligne suit la vallée, entre le chemin de fer et la rivière, dont elle coupe quelques boucles et se tient généralement sur la rive gauche du Chagres, pour traverser le chemin de

fer à San-Pablo. De ce point à Matachin le tracé, en coupant de nombreuses boucles de la rivière, suit en général la rive droite, qu'il quitte à Matachin pour entrer dans la vallée de l'Obispo.

Dans tout ce parcours, qui a une longueur d'environ 45 kilomètres, le sol est généralement formé d'argiles d'alluvion ; dans la partie inférieure, il y a quelques boursouflures argileuses dures et des débris végétaux mêlés à du sable. Le port de Colon sera à creuser dans des madrépores encore vivants, d'une exécution pas trop difficile pour de fortes dragues.

Dans la partie moyenne, la partie supérieure du sol est argileuse et la partie inférieure sableuse ; en remontant la vallée du Chagres, la partie supérieure est semblable, mais la partie inférieure se compose de gravier, qui ne paraît pas trop difficile à draguer.

Sur quelques points, on affleurera des mamelons de conglomérats plus ou moins durs, mais dont l'extraction ne paraît pas devoir créer de sérieux embarras, sauf ce qui sera à déblayer sous l'eau.

L'étiage de la rivière, à Matachin, est à 13m,50 au-dessus du niveau de la mer, ce qui donne une pente de 0m,30 par kilomètre de tracé ; mais comme le lit du Chagres est très tortueux, il en résulte que la pente actuelle de la rivière n'est que d'environ 0m,12 à 0m,15 par kilomètre. C'est cette faible pente jointe aux encombrements du lit qui détermine l'énormité des crues constatées.

Le lit du Chagres a environ 40 mètres de largeur et 2 à 6 mètres de creux entre Matachin et le Trinidad ; après le confluent avec cette rivière, il n'y a presque plus de pente vers la mer, en basses eaux, la largeur du lit est d'environ 60 mètres. La vallée du Trinidad est celle qu'a remontée M. Garella avec son projet de 1842 et c'est l'affluent le plus important du Chagres.

On descend la rivière avec des pirogues et, dans la saison des eaux basses, il y a encore environ 10 à 12 mètres cubes d'eau par seconde dans le Chagres. On a parlé de crues débitant 1,200 mètres cubes et plus par seconde. Je n'y crois pas, par la raison que le lit est petit et que la vitesse ne peut pas devenir bien grande. Le maximum des crues ne doit pas dépasser 1,000 mètres, c'est aussi l'opinion de M. le colonel Totten, qui a construit le chemin de fer. Il y a de grandes probabilités pour que la hauteur des crues s'abaisse notablement dès qu'on aura coupé quelques boucles de la rivière et redressé son lit en le débarrassant des arbres déracinés qui l'obstruent.

A partir de Matachin, le tracé entre dans la vallée de l'Obispo, en laissant le chemin de fer à sa droite ; la surface du sol est très tourmentée, jusqu'en amont de la première chute de l'Obispo, sur environ 2 kilomètres de long, on arrive ensuite sur un plateau de 1 kilomètre et demi de longueur, où l'on retrouve des mamelons rocheux à travers lesquels on a tracé la ligne, en les évitant autant que possible. On est alors à Emperador, à la cote de 60 mètres au-dessus du niveau de la mer, après avoir franchi des pointes de 72 et de 75 mètres.

D'Emperador à Culebra, le tracé suit la partie supérieure de l'Obispo, peu accidentée, sur 2 à 3 kilomètres, pour arriver au faîte de la tranchée, entre deux mamelons rocheux contournés par le chemin de fer, qui est traversé par le tracé et reste à sa gauche jusqu'à Panama.

De la Culebra, le tracé suit le thalweg du Rio Grande jusqu'à la mer, la déclivité est très grande, sur 500 mètres de longueur, du point culminant à la cote 90 mètres, on descend à 45 mètres et le ruisseau ne coule pas sur le rocher.

La pente du Rio Grande va en diminuant à mesure que cette rivière s'avance vers la mer, pour se confondre avec la marée, à Pédro-Miguel, à 10 kilomètres environ de la mer.

La grande tranchée n'a en réalité que 15 kilomètres environ de longueur et sa hauteur moyenne est d'environ 40 mètres. C'est un travail gigantesque à faire dans un pays difficile et éloigné. La question importante de l'entreprise est l'exécution de cette immense tranchée qu'on eût réduite de plus de moitié, si M. de Lesseps, au lieu de vouloir faire un canal de niveau plein, s'était contenté d'un canal avec 5 ou 6 écluses. L'alimentation au moyen des eaux du Chagres paraît bien suffisante.

Malgré les accidents du sol, il n'a pas été trop difficile d'effectuer le tracé avec des courbes d'un rayon de 2,500 mètres dans la partie de la grande tranchée, à l'exception de l'entrée dans la vallée de l'Obispo ; partout ailleurs on peut prendre de plus grands rayons.

Le tracé traverse le chemin de fer deux fois, à San-Pablo et à Culebra, et nécessitera probablement aussi quelques changements de place de la voie. Ces questions sont encore à étudier.

La Cordillère, qui est l'ossature géologique de l'Amérique, s'est abaissée pour laisser passer l'Obispo et les roches dures à traverser seront rencontrées sur 3 à 4 kilomètres de longueur, dans les chutes

de l'Obispo, à une hauteur moyenne de 35 mètres au-dessus de la mer.

Au delà, on rencontrera quelques épaulements rocheux moins durs, qu'on devra couper; d'autres qu'on devra déraser. Mais les sondages faits entre les pics de la Culebra, au point culminant, ont prouvé qu'à de grandes profondeurs la roche dure ne serait pas rencontrée et que l'on n'aurait à creuser que des couches d'argiles plus ou moins dures ou des roches de dureté moyenne.

Le plateau supérieur de l'Obispo pourrait bien donner lieu à quelques glissements de talus; mais il est peu probable que l'enlèvement de l'excédent de volume occasionne une dépense aussi considérable que celle de l'extraction du rocher.

Il est en tous cas prudent de n'être point trop affirmatif sur une solution heureuse, avant que l'on ait pu entrer partout dans la tranchée et vérifier plus exactement ce que les sondages pourraient avoir de défectueux. Néanmoins, il y a quelque probabilité pour que le tracé se trouve sur une faille qui fait partie de l'abaissement général de la Cordillère.

La vallée du Rio Grande très creuse accuse le prolongement de la faille supposée entre les montagnes du faîte; les argiles tendres se sont en partie écoulées à la mer et doivent recouvrir les marais de la partie inférieure de la vallée. Il y a de grandes probabilités pour que l'on rencontre dans le lit du Rio Grande quelques affleurements de roches, comme celles sur lesquelles est assise la ville de Panama. Les sondages actuellement en cours répondront à cette question.

Le port de Panama existe presque en entier à l'état naturel. Le mouillage des îles Naos et Flamenco est très sûr; il suffira d'y faire du fond pour arriver à l'embouchure du canal où doit être exécutée une écluse de marée qui fermera l'entrée; peut-être devra-t-on faire ultérieurement quelques compléments d'installation qui ne sont pas encore étudiés.

La marée à Panama atteint $6^{m},50$ en vive eau; tandis qu'à Colon l'oscillation de la mer, sous toutes les influences, ne dépasse pas 1 mètre. C'est comme à Toulon ou Marseille.

Le Congrès avait étudié avec soin et discuté savamment la question de l'écoulement des eaux du Chagres en dehors du canal, en admettant les canaux latéraux. En outre du Chagres, il y a en aval de Matachin plusieurs affluents; les plus importants sont, sur la rive

droite, le Rio Frijole, qui fournit l'eau d'alimentation au chemin de fer et à Colon ; le Rio Gatun et quelques autres de moindre importance ; sur la rive gauche, le Trinidad est le plus important et peut être dérivé facilement dans le lit du Chagres en avant du village de Gatun. Tous les autres affluents de la rive gauche peuvent être versés dans le canal sans inconvénient, à cause de leur peu d'importance, de même que les divers Rios qui forment l'Obispo.

Restent le Chagres et les affluents de la rive droite qui pourront être réunis dans un canal latéral formé en partie par les déblais du creusement du canal lui-même, et en partie par une tranchée dans les terrains trop élevés qu'on rencontrera au bord du canal. Quelques-uns de ces affluents, dont le niveau est trop bas pour entrer dans le canal latéral, seront conduits directement dans le canal par des aqueducs qui serviront à drainer les marais inondés actuellement et à améliorer la salubrité de la contrée.

Nous croyons que, par prudence et pour ne point donner au canal latéral une trop grande section, il conviendrait de faire plusieurs déversoirs de surface susceptibles d'envoyer dans le canal une partie des eaux accidentelles, que des orages ou d'autres causes amèneraient dans le canal latéral. Cette disposition écarterait les dangers de rupture des digues et serait comme une soupape de sûreté du canal latéral. Le bassin de retenue du Chagres sera lui-même dans ces conditions.

Enfin pour écarter le danger des crues importantes du Chagres à Matachin et en amont, la construction d'un barrage a été décidée pour régulariser le débit et emmagasiner l'eau des crues. L'emplacement choisi entre les collines Pelado et San-Juan paraît devoir permettre une exécution assez facile, en prenant ces collines comme point d'appui du barrage ; à cet endroit, la vallée est très étroite, à peine 100 mètres, entre les affleurements rocheux, elle est également peu profonde.

La construction de l'émissaire peut être favorisée par la présence en ce point de rochers qui serviront d'assises à l'ouvrage, et un déversoir de surface peut être construit sans difficulté en dehors du barrage lui-même sur des terrains rocheux qui ne sont point fissurés.

En raison de la proximité de la grande tranchée et de la grande quantité de matériaux à sortir, on peut espérer que le barrage coûtera moins que ne l'ont estimé les calculs primitifs du Congrès, surtout

si on admet la possibilité de le construire en matériaux de déblai non maçonnés.

L'expérience faite depuis un an démontre que les travailleurs pourront être recrutés avec assez de facilité à Carthagène et à la Jamaïque. Actuellement, 1,500 indigènes sont occupés aux travaux de déboisement et aux autres travaux.

Les Carthagénois sont particulièrement aptes à l'exécution des déboisements et débroussaillements. On peut espérer qu'ils s'habitueront à l'exécution des terrassements, surtout quand ce sont les machines qui font le gros de la besogne.

Les Jamaïcains sont plus robustes et plus habitués aux travaux; ils peuvent charpenter, river et faire du terrassement avec les petits wagonnets Decauville.

Les Chinois arrivent seuls sous l'appât du gain. Il est probable que, cette année, il en viendra déjà pour travailler et qu'il s'en trouvera d'aptes à conduire les machines.

En fait, dès à présent les travaux sont commencés. Le déboisement de l'axe est fait sur la moitié de la longueur et l'axe tracé. On a déjà manipulé 25 à 30,000 mètres cubes de terre, tant pour remblayer le terre-plein de Colon, pour les ateliers et le port que pour préparer des cunettes et des chemins d'accès à Obispo, Emperador et la Culebra, où déjà des excavateurs sont en marche ou arrivés sur place pour marcher.

On a construit quatre hôpitaux pouvant recevoir 3 à 400 malades, et de nombreuses habitations pour le personnel, des baraquements pour loger 2,000 ouvriers, organisé des cantines, installé des ateliers pour le montage et l'entretien des machines à Colon; 250 ouvriers, bien outillés sont occupés à la réception du matériel envoyé d'Europe, au montage des dragues et bateaux de transport, au montage des locomotives et des wagons.

Les voies sont déjà en partie posées sur un terrain bas, qu'on a remblayé pour les ateliers et chantiers, occupant une surface de 20 hectares.

Pour en arriver à ce résultat, de grands efforts ont été nécessaires. Les demandeurs de places ne sont pas tous des travailleurs, et il nous est souvent arrivé de devoir faire retourner en Europe des gens devenus des non-valeurs sitôt arrivés sur le sol américain; et il y a eu beaucoup de défections pour cause de maladie et de démoralisation

dans ce pays, très différent du nôtre. A présent, on sent que l'équilibre s'établit et que tout va mieux, sans qu'on puisse encore dire, c'est bien ; mais on croit que cela viendra.

Ce qui touche le plus les Européens qui vont dans l'isthme, c'est la chaleur lourde, humide, comme en temps orageux, et la différence de nourriture, quoique on y fasse de la cuisine française, qu'on y ait du vin français, des eaux minérales françaises, des conserves et beaucoup de choses à notre usage.

La nuit est également chaude, mais le matin il fait frais et surtout humide. On doit se garantir contre le refroidissement, faute de quoi on prend des rhumatismes et aussi, après quelque temps, les fièvres paludéennes : c'est, je crois, là le grand danger. Boire glacé entre les repas me paraît aussi dangereux; cela rafraîchit, mais pousse à la transpiration, qui énerve ; puis les eaux provenant de la glace ne sont pas aérées, sont très difficiles à digérer; elles causent, à la longue, des embarras internes qui amènent la dysenterie.

Cette année-ci, la santé est notablement meilleure qu'à pareille époque de l'année précédente ; on espère que l'amélioration continuera et que, finalement, on pourra vivre là comme ailleurs et que l'on parviendra à y travailler de même. Mais nous avons cru prudent de ne pas trop hâter les commencements, pour parvenir plus sûrement à une bonne organisation sans trop de mécomptes, commençant par améliorer la situation sanitaire en même temps que s'exécutent les ouvrages préparatoires, qui demanderont notablement plus de temps qu'on ne l'avait prévu.

Un marché important de travaux a déjà été fait avec une Société américaine de San-Francisco, pour le creusement du canal entre Colon et Gatun et au delà, pour 6 millions de mètres cubes environ.

Un autre marché est en négociation avec une Société de New-York, pour une importante partie vers Panama. Les chantiers de la grande tranchée sont en marche en plusieurs points. Quoique cela ne soit pas considérable en face de l'énorme quantité de déblais à faire pour l'ouverture du canal, on sent que déjà on travaille. 70 à 80 millions de mètres cubes de déblais seront nécessaires.

De grandes commandes de matériel ont été faites; déjà de nombreux engins arrivés sont en place, et bientôt on aura suffisamment d'expérience sur le choix des machines pour augmenter les commandes.

État sommaire du gros matériel commandé et situation des commandes

Fin mars 1882.

DÉSIGNATION.	Commandé.	Arrivé à Colon	Monté.	En usage.
Voie de 0m,50. Decauville.....	17 kilom.	12 kilom.	»	8 kilom.
Wagonnets. Decauville.....	200	200	»	120
Brouettes. Camions. Carioles.....	2000	2000	»	500
Voitures lourdes.....	100	100	»	30
Voie normale de 1m,515 en rail de 30k.	25 kilom.	25 kilom.	15 kilom.	15 kilom.
Croisements et changements.....	70	»	»	»
Wagons de terrassements de 4m,50 basculant.....	300	200	200	150
Plates-formes de 6 tonnes.....	50	50	»	»
Wagons Wason de 4m,50 basculant...	40	40	40	40
Id. plates-formes	40	40	40	40
Id. box-cars.....	20	20	20	20
Lorys pour le service de la voie.....	40	30	20	20
Locomotives de 30 tonnes.....	22	10	8	4
Excavateurs de 40 tonnes.....	6	4	4	2
Dragues de 60 chevaux.....	4	4	2 en montage.	»
Dragues de 200 chevaux.....	1	»	»	»
Porteurs de vases à vapeur 200m3....	2	1 en route.	»	»
Bateaux à vapeur de 150 chevaux....	2	2	2	2
Id. de 100 chevaux....	4	»	»	»
Id. de 75 chevaux.....	1	1	1	1
Id. de 50 chevaux.....	4	»	»	»
Chaloupes à vapeur à hélices et à aubes.	4	4	4	3
Débarquements à vapeur de 70 chevaux	4	2	2 en montage.	»
Chalands de transport de 100m3.....	14	6	2 en montage.	»
Chalands de transport de 70m3.....	12	»	»	»
Chalands à clapets de 100m3.....	6	6	1 en montage.	»
Id. pontés pour allèges de 80 tonnes	6	»	»	»
Margotats pour allèges.....	44	20	12 en montage.	»
Ponton-grue de 40 tonnes.....	1	1	en montage.	»
Bigues de 15 tonnes.....	1	1	1	1
Grue sur ponton de 5 tonnes.....	1	1	1	1
Matériel de chantier, outillage d'atelier, scieries, pompes, sonnettes à vapeur, grues, etc., etc., etc.				

Résumé des Services de la Compagnie dans l'Isthme.

Services administratifs : M. Armand Reclus, agent supérieur, chef. — *Agents sous ses ordres.*

Études : M. Pedro Sosa, chef. — *Agents sous ses ordres :* ouvriers, employés.

Travaux : M. Saleta, chef par intérim. — *Agents sous ses ordres :* ouvriers, employés.

Le service médical, sous la direction de M. le docteur Companyo, compte huit médecins consultants, un pharmacien en chef, des aides et tout le matériel nécessaire.

Les malades sont actuellement admis dans les hôpitaux de Panama et de Colon appartenant à la Compagnie, dirigés par les sœurs de Saint-Vincent-de-Paul, et deux hôpitaux nouveaux seront bientôt ouverts sur la ligne, à Gatun et Emperador.

Les hôpitaux de la ville de Panama ont reçu les malades de la Compagnie jusqu'au moment de l'ouverture de l'hôpital de la Compagnie.

Le retour de Colon en France a été effectué en passant par New-York, ce qui ne prend pas sensiblement plus de temps, huit jours de mer entre Colon et New-York et dix jours de New-York au Havre.

Le voyage de Colon à New-York s'est effectué sur le *City of Para*, navire de 3,000 tonneaux de la Compagnie américaine *Pacific Mail*, qui, avec une machine d'environ 3,000 chevaux, file 11 nœuds. Les cabines de 1re sont sur le *Spardeck* et sont bien aérées, ce qui est un avantage pour les pays chauds. Le navire est bien tenu et l'équipage composé de 76 hommes tout compris.

La traversée de New-York a été faite sur le *Saint-Laurent*, de la Compagnie transatlantique. Son équipage est composé de 136 hommes; bien que ses dimensions soient peu différentes de celles du *City of Para* sa marche a été de 13 nœuds en moyenne. La cuisine y est bonne et le personnel très obligeant; nous avons conservé un excellent souvenir de l'urbanité du commandant Servan, et nous nous plaisons à le dire. Le commandant Héliard, du *Lafayette*, de la même Compagnie, nous a aussi laissé un excellent souvenir.

Entre l'arrivée du *City of Para*, à New-York, et le départ du *Saint-Laurent*, nous avons eu quelques jours pour visiter la ville et un peu les environs, ce qui est d'un très grand intérêt.

La circulation y est toute différente de celle de Paris, et c'est la raison pour laquelle on a eu recours à d'autres procédés de locomotion. En ce moment, c'est l'Elevated-Railway qui tient la plus grande place. — La ville de New-York ayant 12 kilomètres environ de lon-

gueur et seulement 2 kilomètres environ de largeur, il en résulte qu'avec les quatre chemins de fer parallèles qui sont établis dans la plus grande direction, on est presque partout à moins de 500 mètres d'une station, ce qui a fait supprimer un grand nombre de voitures particulières et de fiacres, qui sont d'ailleurs très chers et trop lents.

Les tramways et les omnibus en grand nombre font des services dans toutes les directions, mais desservent surtout les directions obliques ou transversales. Il y a néanmoins de grandes lignes de tramways sous les chemins de fer, et, comme il en passe fréquemment dans chaque direction, on a l'habitude de les prendre même pour parcourir 5 à 600 mètres.

Ce pays a une physionomie particulière : on y sent, au mouvement extérieur et fébrile, que le temps est de l'argent et que l'économie est la base de la vie générale.

Sur les tramways et les omnibus il n'y a, en général, qu'un homme; tout s'y passe dans le plus grand calme et le voyageur met lui-même sa piécette de monnaie dans une boîte en cristal qui est sous les yeux du conducteur. — Au chemin de fer c'est la même chose, pas un mot; les voyageurs passent devant le guichet, prennent un billet et le jettent dans une boîte en cristal sous les yeux d'un inspecteur, qui semble une statue. Le train arrête 10 secondes, met 15 secondes pour passer de la vitesse normale à l'arrêt complet et autant pour reprendre sa vitesse; l'échange des voyageurs se fait sans que personne ne dise un mot, il semblerait que le conducteur du train économise même ses paroles crainte de se fatiguer, il ne dit les noms des stations qu'à moitié et pas trop haut, mais tout le monde est habitué à cette méthode.

A certaines heures de la journée, il passe des trains à 2 minutes d'intervalle l'un de l'autre; c'est surtout le matin et le soir, dans la journée les trains se succèdent à 5 minutes d'intervalle. — Tous les trains sont composés de quatre voitures et une locomotive avec frein à vapeur.

L'établissement de la voie qui suffit à la circulation n'a absolument rien de monumental ni même de décoratif, c'est d'une simplicité dont rien n'approche et qui pourrait être imité par nos ingénieurs qui font du luxe de construction partout.

Ici rien de pareil. — La voie est supportée par des colonnes en fer à consoles qui supportent les poutrelles en treillis sous les rails; ces

poutrelles ont 12 à 14 mètres de portée, elles sont entretoisées et reçoivent des traverses ordinaires et le rail. — Des longrines sont placées de chaque côté du rail pour garantir du déraillement, et c'est tout; une seule planche au milieu de la voie sert pour la circulation du surveillant; le tout est peint au minium et nulle part il n'y a un clou ni quoi que ce soit qui ne soit rigoureusement utile, c'est comme à Colon. Ces chemins de fer sous lesquels circulent les voitures des tramways et les piétons sont à la hauteur du second étage des maisons, à 6, 7 et jusqu'à 15 mètres du sol; ils ne sont pas beaux, mais rendent d'immenses services. — Les stations sont de petits abris au-dessus de la voie, on y accède par des escaliers. Il y a quelques courbes de moins de 50 mètres de rayon que les trains franchissent lentement, on sent bien que l'échafaudage remue quoiqu'il soit contreventé.

Si la circulation est active à terre, elle n'est pas moins grande sur les deux bras de mer qui enveloppent New-York : l'Hudson, qui sépare la cité de New-York de Jersey-City, et la rivière de l'Est, qui est entre la ville et Brooklin. Les ferry-boats circulent dans tous les sens, s'entrecroisent avec les navires de toutes formes et de toutes grandeurs; ils sifflent à tue-tête, ceux-là font du bruit; mais les gens qui circulent sont silencieux comme dans la ville. A certaines heures de la journée, plusieurs ferry-boats traversent la rivière de l'Est avec de pleins chargements de 5 à 600 personnes et 20 à 30 voitures, et font des voyages d'aller et retour en six à sept minutes : c'est féerique. On paye 1 sou pour traverser, en passant devant la barrière de l'appontement, et les voyageurs s'entassent dans une grande salle d'attente; dès que le bateau est arrivé, les voyageurs sortent par un grand couloir qui conduit dans la rue, et cela en une minute à peine; alors on ouvre la barrière de la salle d'attente et on embarque également en une minute : un coup de sifflet, on lève les amarres, et on part à toute vitesse de la machine; deux ou trois minutes après, on est amarré à l'autre rive et on débarque.

Une particularité très importante, c'est qu'à New-York toutes les embarcations accostent le bout à la rive, et que les wharfs qui servent de quai sont autant d'installations avancées dans la mer et construits sur pilotis, perpendiculairement à la rive. Chaque installation est occupée par une des nombreuses Compagnies de navigation, et il y en a plus de 10 kilomètres de longueur. Sur presque toutes ces installa-

tions, il y a des machines à vapeur pour faire la manutention des marchandises.

Les ferry-boats et les grands bateaux de rivière sont à aubes, les deux bouts pareils et ronds pour accoster facilement le ponton flottant des wharfs; toutes les machines sont à balancier; la timonerie est installée dans une guérite, au-dessus du toit, comme dans un observatoire.

On ne voit pas d'employés, pas de police; tout ce mouvement se fait sans aucune intervention d'autorité, dont nous sommes si prodigues, et se fait pourtant bien.

Nous avons pu visiter les travaux, ou mieux la partie terminée des travaux du pont de Brooklin. Je n'essayerai pas d'en donner la description, déjà faite par de plus autorisés que moi. C'est une grande et hardie conception. Les piles sont d'une hauteur prodigieuse, et aussi les viaducs d'accès. Les gros cables sont posés, et on met les poutrelles en place. On travaille peu, faute d'argent, paraît-il. Déjà on a dépensé 40 millions de dollars.

Le contraste du massif des viaducs d'accès avec la légèreté du pont suspendu, est considérable. On a dépensé à ces constructions des matériaux chers, avec un luxe qu'on ne voit nulle part dans les constructions américaines. Il semblerait que l'Amérique a voulu dépasser tout ce que le vieux monde a pu produire d'œuvres colossales et prouver sa richesse.

La visite aux travaux d'un tunnel qu'on construit à quelques kilomètres de New-York, nous a procuré l'occasion d'observer les façons de faire des entrepreneurs américains et d'établir une comparaison avec ce que nous avons l'habitude de voir. Il n'y a rien de saillant : des compresseurs à vapeur produisent l'air comprimé nécessaire aux perforatrices, qui sont du système Mackean, baptisées d'un nom américain à cause de quelques modifications; les tranchées d'accès sont déblayées par les excavateurs à cuiller, qui n'ont rien de plus que ceux qu'on a montés en France; c'est un trop gros outil dans beaucoup de cas, mais il est indispensable en Amérique, où la main-d'œuvre est très chère.

Pendant les quelques journées que nous avons passées à New-York, nous avons eu plusieurs fois l'occasion de nous entretenir avec M. le colonel Totten, qui a dirigé la construction du chemin de fer de Colon à Panama de 1850 à 1855.

Ces conversations avec un vieillard de quatre-vingt-quatre ans, fort et ayant conservé la mémoire exacte des localités et des difficultés qu'il a rencontrées dans l'isthme, sont un véritable encouragement au percement du canal. Quoiqu'il ait eu alors la fièvre paludéenne, sa santé ne laisse rien à désirer et, malgré son grand âge, il s'occupe encore très activement. Il nous a invités à aller visiter les expériences de chauffage de locomotive avec le pétrole.

Ces quelques journées sous un climat tempéré, où nous avons eu de la neige, nous ont fait grand bien après la chaleur tropicale et nous ont fait penser que si on rapprochait Colon de l'Europe, au moyen d'un service direct de bateaux à grande vitesse, nous trouverions dans ces transports rapides de grandes facilités pour l'exécution du canal interocéanique, qui sera, comme le canal de Suez, une grande œuvre française de progrès et de civilisation.

LA LIBERTÉ DES MESURES

CONTRE

LES ACCIDENTS INDUSTRIELS

PAR M. GEORGES SALOMON.

Pour arracher à la terre les richesses minérales qu'elle recèle dans son sein et pour élaborer la matière selon ses besoins, l'homme livre une lutte dans laquelle il est souvent vaincu. Une habile conduite des travaux jointe à beaucoup de prudence chez celui qui les exécute, permet d'atténuer considérablement les périls de cette lutte; mais dans l'industrie, il ne faut pas faire entrer l'habileté de la direction et la prudence du travailleur en ligne de compte, on doit admettre la permanence du danger et employer tous les moyens possibles de le conjurer.

Dans ce but, on a rédigé des règlements sur la conduite des travaux dangereux; on a imaginé et l'on imagine chaque jour des dispositions préventives des accidents, parmi lesquelles nous citerons seulement les couvertures pour roues, engrenages, courroies, arbres de transmission et tout mécanisme dangereux, les monte-courroies, les appareils de sûreté pour les générateurs à vapeur, les parachutes de mines, les lampes de sûreté, les appareils respiratoires, les casques, etc., etc.

L'emploi des mesures préventives des accidents dans les industries occupant des ouvriers de tout âge, est obligatoire dans quelques pays d'Europe.

En Angleterre, l'importante loi de 1878[1] qui réglemente d'une façon

1. Act to consolidate and amend the law relating to factories and workshops (du 27 mai 1878). — V. *Annexe* n° 2.

générale les rapports entre patrons et ouvriers, détermine les mesures de sûreté et de salubrité qui sont imposées aux industriels; l'application des nombreuses prescriptions de cette loi est assurée par le contrôle de 55 sous-inspecteurs, dirigés par un seul inspecteur général [1].

En Suisse, la loi du 23 mars 1877 [2] impose de prendre « pour protéger la santé des ouvriers et pour prévenir les accidents, toutes les mesures dont l'expérience a démontré l'opportunité et que permettent d'appliquer les progrès de la science, de même que les conditions dans lesquelles on se trouve. » — Un service d'inspection, composé actuellement de 3 inspecteurs pour toute la Suisse, est chargé de veiller à l'exécution de cette loi qui, comme la loi anglaise, réglemente dans son ensemble toutes les questions relatives au travail dans l'industrie.

Les mesures préventives des accidents sont également imposées en Prusse [3] et en Saxe; bientôt elles le seront dans toute l'Allemagne et en Autriche.

En France, la loi sur les mines du 21 avril 1810 et le décret du 3 janvier 1813 sur la police des mines, donnent tous droits à l'autorité de prescrire l'emploi des mesures jugées nécessaires à la sécurité des ouvriers mineurs; le décret du 30 avril 1880, qui régit actuellement les appareils à vapeur, rend obligatoire l'emploi de certains appareils de sûreté; enfin, la loi du 19 mai 1874 sur le travail des enfants et des filles mineures dans l'industrie, ainsi que les décrets des 13 mai 1875 et 2 mars 1877 imposent l'emploi de toutes les mesures protectrices de la sécurité et de la santé des enfants âgés de moins de seize ans.

On demande davantage. Une pétition a été adressée à la Chambre des députés par M. Louis Ovième, mécanicien à Darnétal, à l'effet de solliciter une loi qui soumettrait le travail des adultes dans tous les établissements industriels et agricoles et pour tous les engins mécaniques, aux dispositions des articles 14 et 16 [4] de la loi du 19 mai 1874.

1. V. *Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse.*

2. Loi sur le travail dans les fabriques du 23 mars 1877. — V. *Annexe* n° 3.

3. § 120 de la loi du 17 juillet 1878 sur les métiers.

4. Art. 14. — Les ateliers doivent être tenus dans un état constant de propreté et convenablement ventilés. — Ils doivent présenter toutes les conditions de sécurité et de salubrité nécessaires à la santé des enfants. — Dans les usines à moteur mécanique, les roues,

Après avoir pris cette pétition en considération, la Chambre des députés l'a renvoyée à M. le ministre de l'Agriculture et du Commerce, qui, par circulaire du 5 avril 1880[1] a ouvert une enquête auprès de MM. les préfets en vue de leur demander tous renseignements sur la question des accidents industriels dans leurs départements, ainsi que leur avis sur les mesures à prendre pour arriver au but poursuivi par le pétitionnaire.

Peu après l'envoi de la circulaire ministérielle, la Société industrielle de Rouen a transmis à M. le préfet de la Seine-Inférieure un rapport très intéressant[2], dans lequel on appuyait, en la généralisant, la proposition de M. Louis Ovième, et dont voici d'ailleurs la conclusion :

« Obligation pour toutes les industries et entreprises de prendre toutes les précautions reconnues efficaces par la pratique et la science pour garantir la vie et la santé des ouvriers, employés et personnes pouvant, d'une manière quelconque, se trouver en contact médiat ou immédiat avec les engins ou produits de ces fabriques ou entreprises. »

Enfin, un excellent rapport présenté à la Société de protection des apprentis par M. Ernest Nusse, secrétaire de cette Société, aboutit à une conclusion analogue[3].

L'accueil fait à la pétition de M. Ovième par la Chambre et par le ministre, l'appui qu'on lui prête de plusieurs côtés, nous semblent devoir solliciter l'attention sur la question importante qu'elle soulève.

les courroies, les engrenages ou tout autre appareil, dans le cas où il aura été constaté, qu'ils présentent une cause de danger, seront séparés des ouvriers, de telle manière que l'approche n'en soit possible que pour les besoins du service.

Les puits, trappes et ouvertures de descente doivent être clôturés. — (V. *en outre l'article 2 du décret du 13 mai* 1875.)

Art. 16. — Pour assurer l'exécution de la présente loi, il sera nommé quinze inspecteurs divisionnaires, etc., etc., etc.

(V. p. 658, l'organisation du service d'inspection créé dans le département de la Seine, en vertu de l'article 21 de la loi.)

1. V. *Annexe* n° 1.

2. Rapport sur la pétition adressée à la Chambre des députés, par M. Louis Ovième, relativement aux accidents de fabrique, par M. Poan de Sapencourt. Séance du 6 août 1880. (V. *Bulletin de la Société industrielle de Rouen*, 1880.)

3. Les projets de loi Ovième et Nadaud. — Réglementation préventive des accidents de fabrique. — Rapport présenté au Comité judiciaire de la Société de protection des apprentis par M. Ernest Nusse, docteur en droit, etc. (V. *Bulletin de la Société de protection des apprentis et des enfants employés dans les manufactures*, t. XIV, p. 32.)

I

Les partisans d'une loi qui imposerait l'emploi des mesures contre les accidents industriels ou agricoles, appuient tout d'abord leur demande sur l'utilité de ces mesures.

Assurément, ces mesures sont utiles, et pour l'établir il suffit de rappeler que les trois cinquièmes des accidents survenus à Mulhouse au cours de l'année 1880-1881 eussent pu être évités si les ouvriers s'étaient conformés aux règlements de l'Association pour prévenir les accidents de machines qui existe en cette ville et si des appareils préventifs ou protecteurs avaient été placés sur les machines qui ont occasionné ces accidents [1], *mais nous l'avons déjà dit* [2], en réponse à ceux qui réclamaient chez nous l'obligation des caisses de mineurs, tout *ce qui est utile ne peut être imposé par la loi.*

Quand nous entendons répéter de plusieurs côtés que la patrie doit assurer aide et protection à ses enfants, que l'État doit penser aux ouvriers, « non seulement quand il a besoin d'argent ou de soldats, mais aussi quand il s'agit de les empêcher d'être écrasés sur la grande route de la vie, » pour parler comme le grand chancelier de l'Empire allemand, nous applaudissons aux sentiments qui dictent ces paroles, qu'ils soient sincères ou non, mais nous ne pouvons pas les appuyer, parce que le père ne peut pas toujours tenir ses enfants en tutelle, parce que l'État ne doit pas s'engager dans une voie de protection qui n'a pas de limites, parce que ici on peut attendre mieux de l'initiative privée que de l'État.

A défaut de philanthropie chez le patron, l'intérêt le sollicite suffisamment à protéger ses ouvriers en vue de se les attacher et d'éviter, en cas d'accidents, des responsabilités qu'on doit rendre aussi lourdes que possible.

Quels sont donc, d'ailleurs, les résultats produits par les lois de surveillance actuellement en vigueur en France, et notamment par celles dont on demande la généralisation?

1. Rapport de l'Inspecteur de l'Association pour prévenir les accidents de machines sur les travaux techniques de l'année 1880-1881. (V. *Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse*, janvier 1882.)

2. V. *Mémoires de la Société des Ingénieurs civils.* (Séance du 4 janvier 1878) et notre ouvrage sur : *les Caisses de secours et de prévoyance des ouvriers mineurs en Europe.*

Dans une communication sur les associations de propriétaires d'appareils à vapeur faite en 1881 à la Société des ingénieurs civils [1], M. Jourdain établissait, la statistique en mains, que la majorité des explosions de générateurs eût pu être évitée par l'inspection; que sur cent chaudières prises au hasard, il en existe au moins soixante sur lesquelles un ou plusieurs des appareils de sûreté prescrits par la loi manquait, fonctionnait mal ou pas du tout.

De plus, l'État lui-même se reconnaît dans l'impossibilité d'exercer d'une façon efficace la surveillance des appareils à vapeur.

En effet, dans la circulaire ministérielle relative à l'application du décret de 1880, M. le ministre de l'Agriculture et du Commerce disait à MM. les préfets :

« Dès 1865, la Commission centrale des machines à vapeur se préoc-
« cupait des visites qui, seules, permettent de constater les progrès de
« l'usure inévitable à laquelle est condamné tout générateur. A cette
« époque, on avait hésité à inscrire dans un règlement une mention,
« qui restait une recommandation pure et simple du moment où les
« visites ne pouvaient être confiées au personnel technique de la sur-
« veillance administrative, *qui sera toujours numériquement insuffi-*
« *sant pour y procéder.* »

Puisse M. le ministre du Commerce ou son successeur se souvenir de cet aveu, si l'enquête ouverte récemment sur les accidents industriels n'a pas le sort de celle qui fut effectuée dans le même but en 1860.

Si nous examinons maintenant la façon dont est appliquée la loi du 19 mai 1874 sur le travail des enfants dans l'industrie, afin de ne pas sortir de l'examen des lois dont on réclame la généralisation, nous reconnaîtrons à nouveau l'impuissance de la surveillance administrative.

En effet, on voit par les rapports de plusieurs commissions locales [2], que le service d'inspection du travail des enfants dans le département de la Seine a été irrégulier ou a fait complètement défaut sur plusieurs

1. V. *Mémoires de la Société des Ingénieurs civils.* (Séance du 20 mai 1881.)

2. *Rapports annuels des commissions locales du département de la Seine pour les exercices* 1880 *et* 1881 (nos 1 et 2).

points du département au cours des années 1880 et 1881 ; et cependant, grâce à la sollicitude du Conseil général, le service d'inspection [1] a été aussi bien organisé que possible dans le département de la Seine.

Pour citer seulement des faits tirés de notre propre expérience, nous dirons que la 26e Commission locale du département de la Seine, dont nous avons l'honneur d'être le secrétaire, avait signalé à M. le préfet de police l'absence de visites de MM. les inspecteurs dans le XVIe arrondissement de Paris au cours de l'année 1880 ; et nous ajouterons que, malgré cet avis, l'arrondissement n'avait pas encore été inspecté pendant l'année 1881.

Où l'inspection fait défaut, la loi ne peut pas être bien appliquée.

D'ailleurs, on a constaté particulièrement que les prescriptions de l'article 14 de la loi de 1874 qui sont relatives à l'hygiène des ateliers, sont restées sans exécution, et si aucune infraction à ces prescriptions n'a été relevée jusqu'à ce jour dans les nombreux ateliers malpropres et insalubres du département de la Seine [2], c'est que le service d'inspection du travail des enfants ne s'est pas plus préoccupé de l'hygiène de ces ateliers que le Conseil de salubrité et la Commission des logements insalubres ne s'en occupent !

La sécurité des ateliers où travaillent des enfants n'est guère mieux assurée. Ainsi, on n'a pas constaté la visite des inspecteurs dans la plupart des ateliers où sont survenus des accidents, qui eussent pu être évités par l'emploi des mesures préventives prescrites par la loi ; et, du reste, depuis que la loi de 1874 est intervenue, le nombre des accidents reconnus à la suite de procès ou de plaintes ne va nullement en décroissant.

Les résultats observés dans le département de la Seine avec l'excellent personnel d'inspection qu'on y a organisé, permettent de juger ceux qui peuvent être obtenus dans le reste de la France à l'aide de quatorze inspecteurs divisionnaires et d'environ cinquante inspecteurs

1. Le personnel de l'inspection départementale est ainsi organisé :
   1 inspecteur principal-doyen.
   8 inspecteurs au même traitement.
   9 inspectrices au même traitement.
   (*Délibération du Conseil général de la Seine du 27 novembre 1880*).

2. V. Recueil d'extraits de jugements rendus par le Tribunal correctionnel de la Seine (pour infractions à la loi du 19 mai 1874). Paris, 1882.

départementaux[1]; ils permettent surtout de prévoir ceux que donnerait un semblable service d'inspection du travail des adultes dans l'industrie.

Ainsi donc, on demande d'appliquer à tous les appareils dangereux le principe de certaines prescriptions, édictées tout autant dans l'intérêt des ouvriers que dans celui des voisins pour une seule classe d'appareils, les appareils à vapeur[2], et des documents administratifs prouvent que, pour ce cas spécial, l'administration est impuissante à assurer une protection suffisante. On demande d'étendre aux adultes occupés dans toutes les industries et l'agriculture, certaines des prescriptions imposées dans le but de protéger l'enfance ouvrière, et les documents émanant de ceux qui sont chargés de contrôler le fonctionnement de la loi sur le travail des enfants établissent que, malgré tous les efforts de l'administration, les prescriptions relatives à cette seule catégorie d'industries[3] sont peu ou point appliquées.

De l'imperfection, de la difficulté dans l'exception ne peut-on pas déduire l'impuissance dans la généralisation, et si la liberté a ses limites, l'obligation n'a-t-elle pas les siennes?

II

A cette conclusion de l'impuissance, de l'inefficacité d'une loi imposant d'une manière générale les mesures contre les accidents, on oppose l'exemple des pays industriels qui ont adopté une telle législation.

Quels sont donc les résultats de l'inspection officielle dans ces pays?

On dit et on répète qu'en Angleterre, dans une période de dix années (de 1850 à 1860), pendant que le nombre des machines augmentait de 38 pour 100, le nombre des accidents n'augmentait que de

1. Une enquête ouverte au commencement de l'année 1881 par la Société de protection des apprentis a permis de fixer à 55 le nombre des inspecteurs départementaux.

2. En 1879, on comptait en France 49,969 chaudières à vapeur fonctionnant sur terre en dehors de l'enceinte des chemins de fer et 39,556 machines à vapeur.

3. D'après la statistique établie par la préfecture de police à la fin de l'année 1878, le nombre des ateliers, usines, manufactures du département de la Seine, tombant sous le coup de la loi de 1874, s'élevait à 16,121. Le département de la Seine compte environ 150,000 établissements industriels.

6 pour 100. On rapporte qu'entre 1850 et 1872, pendant que la population ouvrière des filatures augmentait d'un peu plus de 49 pour 100, le nombre des accidents pour ce genre d'industrie augmentait d'un peu moins de 2 pour 100 [1].

Si ces chiffres étaient exacts, on pourrait en tirer des déductions sérieuses, mais malheureusement les statistiques d'accidents en Angleterre sont très incomplètes ; un inspecteur général anglais l'a reconnu en ces termes dans un rapport daté de 1871 [2] : « Beaucoup d'accidents ne sont pas déclarés ; ceux qui ont occasionné des blessures très légères ne sont pas consignés dans les rapports des chirurgiens ; quant à ceux qui ont entraîné la mort... les inspecteurs *devraient* toujours en avoir la plus intime connaissance. »

Les renseignements fournis par l'inspection en Allemagne et en Suisse ne permettent pas davantage de constater l'efficacité de la loi :

Tous les rapports des inspecteurs de fabriques allemandes pour l'année 1879 [3] établissent l'absence presque complète des déclarations d'accidents. Ainsi, on voit dans plusieurs de ces rapports que le nombre des accidents déclarés aux inspecteurs et signalés par suite dans les résumés statistiques [4] était de beaucoup inférieur à celui des accidents dénoncés aux différentes Compagnies d'assurance contre les accidents opérant dans ces inspections. De plus, la lecture des rapports allemands montre que les inspecteurs se reconnaissent implicitement impuissants à remplir leur mission.

Enfin, en Suisse, les rapports des inspecteurs pour l'année 1879 [5], ne contiennent pas de renseignements statistiques. En 1879, les inspecteurs suisses étudiaient les publications étrangères traitant

1. Rapport de M. Poan de Sapencourt. (V. *Bulletin de la Société industrielle de Rouen*, 1880.

2. Extrait d'un rapport de M. A. Redgrave, inspecteur anglais, pour les six mois à finir au 31 octobre 1871. (V. *Compte rendu de la seconde période triennale de l'Association pour prévenir les accidents de Mulhouse* (1870-1873).

3. V. *Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse*. Janvier 1882.

4. Dans les résultats de l'enquête permanente sur les accidents qui sont publiés par le bureau de statistique de Prusse, on reconnaît que plus des deux tiers des accidents industriels n'y sont pas signalés. (*Observations présentées au Congrès de statistique de Buda-Pesth en 1876*, par M. Engel, directeur du Bureau de statistique de Prusse).

5. *Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse*. Janvier 1882.

la question des accidents, et ils se rendaient à Mulhouse, en voyage d'études...

On le voit, en Angleterre comme en Suisse et en Allemagne, les résultats dus à l'inspection sont trop incertains ou sont insuffisamment connus pour qu'on s'en serve en vue de solliciter ou de repousser une loi imposant les mesures contre les accidents.

En France, où le service d'inspection du travail des enfants dans l'industrie ne parvient pas à établir la statistique des accidents survenus aux enfants, on ne réussirait pas mieux qu'à l'étranger à faire celle de tous les accidents industriels, même en rendant la déclaration d'accidents obligatoire.

A défaut d'une statistique générale, on possède la statistique des accidents de mines et d'appareils à vapeur, mais on n'y trouve aucun résultat permettant de déduire l'efficacité de la surveillance administrative qui pèse, dans l'intérêt général, sur cette industrie et sur ces appareils.

Mais examinons un instant les législations étrangères qu'on nous présente comme modèles. Nous ne nous attarderons pas à critiquer le système qui consiste à introduire, pour ainsi dire tout d'une pièce dans notre pays, les lois adoptées à l'étranger, sans tenir compte de la différence de nos mœurs, et particulièrement de nos mœurs industrielles, avec celles des autres peuples; nous ne nous attarderons pas à critiquer les projets de lois imaginés par le prince de Bismark en vue de faire de l'Allemagne un pays d'inspecteurs et d'inspectés, d'assureurs et d'assurés, dont l'État serait le maître absolu, d'autant plus que ces projets viennent d'être rejetés momentanément par le Reichstag; nous jetterons seulement un coup d'œil sur la législation intervenue en Angleterre et en Suisse, pays de libertés..., non pour l'examiner dans ses détails, mais pour en déduire un enseignement important.

En Angleterre, depuis 1802, on a modifié 21 fois la législation sur le travail dans l'industrie.

Ces remaniements constants avaient pour but d'ajouter quelques dispositions coercitives à celles qui existaient déjà. A chaque progrès de l'industrie, à chaque nouveau péril, on devait imposer le remède à des patrons chez lesquels la loi avait étouffé toute initiative généreuse.

Finalement, on se trouva embarrassé d'un si grand nombre de prescriptions vexatoires ou inutiles, qu'on fut obligé de refondre dans la loi du 27 mai 1878[1], les 19 réglementations qui l'avaient précédée.

Cette loi n'était pas entrée en vigueur que les trades-unions la critiquèrent vivement. Les ouvriers estimaient qu'on aboutirait plus sûrement à intéresser les patrons à éviter des accidents par une loi sur la responsabilité qu'en leur imposant l'emploi de mesures préventives « *déterminées.* »

Après deux enquêtes successives, le parlement reconnut le bien fondé de ces réclamations en votant le bill du 7 septembre 1880[2], dont les dispositions sont analogues en principe à celles de la loi allemande du 7 juin 1871 sur la responsabilité.

Jusqu'alors en Angleterre, le patron n'était pas responsable des accidents survenus à un ouvrier par la faute d'un autre ouvrier, d'un aide ou d'un agent; il n'était responsable que si la victime était une personne étrangère ou s'il avait commis quelque faute personnelle, fait qu'on ne pouvait jamais relever dans une grande industrie.

En vertu du bill de 1880, l'ouvrier a droit à une indemnité, sauf dans les cas d'accidents résultant du hasard, de la force majeure ou de sa propre faute, et c'est à lui à faire la preuve de l'accident.

Si ce bill, assurément critiquable, avait servi de base à la législation anglaise au lieu de la couronner, on n'aurait pas eu aussi souvent à remanier cette législation. On l'a reconnu tardivement en Angleterre, mais enfin on l'a reconnu : il est important de le constater.

En Suisse, en même temps qu'on établissait par la loi de 1877[3] un service d'inspection impuissant à veiller à l'application de toutes les mesures de sûreté *en général*, on jugeait indispensable de réglementer, même provisoirement, la responsabilité des patrons (art. 5). Après une expérience de quatre années, la réglementation provisoire est devenue définitive : la loi du 25 juin 1881 a établi que le patron était présumé responsable de tout accident, sauf à lui à prouver que l'accident a eu pour cause la force majeure ou la propre faute de l'ouvrier.

1. V. des extraits de cette loi. (Annexe, n° 2.)

2. An act to extend and regulate the liability of employers to make compensation for personal injuries suffered by workmen in their service. (7 septembre 1880.)

3. V. des extraits de cette loi (Annexe n° 3).

Ainsi, en Suisse comme en Angleterre, on a compris que le véritable moyen d'assurer l'emploi des mesures préventives résidait dans la mise en jeu de la responsabilité des patrons, seulement on s'y est embarrassé sans utilité de lois de surveillance, dont les dispositions relatives aux pénalités et à la procédure légale permettent de reconnaître les nombreux inconvénients. Ne commettons pas en France la même erreur : demandons qu'on tende toujours davantage le puissant ressort de l'intérêt personnel, en condamnant avec rigueur les patrons reconnus responsables d'un accident qui eût pu être évité par l'emploi des mesures préventives connues [1], ainsi que le permet la législation actuelle [2]; demandons à la législation future [3] d'exciter au plus haut degré chez le patron la crainte des accidents; mais gardons-nous de solliciter la création d'une nouvelle armée d'inspecteurs, qui grèverait sans profit appréciable le budget de l'État et des départements. Si l'on peut disposer d'excédents budgétaires en faveur de la classe ouvrière, qu'on les conserve pour les victimes du cas fortuit.

III

Dans son rapport sur les projets de loi Ovième et Nadaud [4], M. Ernest Nusse crie à l'utopie de ceux qui attendent l'application des mesures contre les accidents, de l'intérêt seul des industriels et non d'une loi qui les imposerait. Est-il donc utopique d'espérer que la crainte de la responsabilité puisse provoquer les industriels à employer des mesures préventives aussi bien qu'elle les a poussés à contracter des assurances coûteuses? Est-il donc utopique d'espérer que des industriels appliqueront parfois ces mesures, afin de trouver une Compagnie d'assurances qui veuille bien courir le risque de contracter avec eux [5] ou seule-

1. Plusieurs arrêts ont été rendus dans ce sens.

2. Articles 1382 et suivants du Code civil. Articles 319 et 320 du Code pénal.

3. V. Première délibération sur diverses propositions relatives à la responsabilité des accidents dont les ouvriers sont victimes. (Séance de la Chambre des députés du 13 mai 1882.)

4. V. *Bulletin de la Société de protection des apprentis*. T. XIV, p. 32.

5. V. notre article : *l'Assurance contre les accidents industriels*. (*L'Économiste français* du 17 avril 1880.)

ment afin d'obtenir une réduction sur les tarifs des Compagnies, comme c'est le cas pour les maisons affiliées à l'association pour prévenir les accidents de Mulhouse.

Mais examinons le rapport de M. Nusse :

« Pour quelques-uns qui veulent la lumière, dit-il, combien se com-
« plaisent dans une ignorance cherchée ! Parmi ceux-là mêmes qui pré-
« tendent s'éclairer, combien resteront confinés à l'étroit dans l'ho-
« rizon borné que trace l'individualisme, appliquant par tradition ce
« qui n'a plus sa raison d'être, privés de la comparaison qui mène au
« progrès, stationnaires quand il faudrait marcher. »

Et, s'inspirant de la loi du 19 mai 1874, M. Ernest Nusse conclut après M. Ovière et après l'auteur du rapport présenté à la Société industrielle de Rouen, en sollicitant une réglementation générale avec sanction pénale, ainsi que la création d'une commission administrative qui provoquerait l'usage des engins ou procédés de protection, et qui ferait des règlements d'administration publique sur l'avis du comité consultatif des arts et manufactures.

Est-ce donc de la loi que jaillit la lumière ?

Est-ce donc d'une administration fatalement routinière qu'on doit attendre le progrès ?

Entre la mission dont on chargerait le Comité consultatif ainsi que la Commission supérieure du travail des adultes pour lui donner un nom, et la mission qui incombe à la Commission supérieure du travail des enfants et au Comité consultatif, en vertu de la loi du 19 mai 1874, il y aurait une énorme différence !

L'une, consiste à déterminer les travaux dangereux ou pénibles à interdire aux enfants, et à signaler d'une manière générale les mesures préventives des accidents qu'on doit employer dans les ateliers occupant des enfants âgés de moins de seize ans, tandis que l'autre résiderait dans l'élaboration de règlements d'ateliers portant sur les nombreux détails relatifs à la conduite du travail et dans « l'examen des « moyens proposés tant au point de vue de leur efficacité que du mode « d'application qu'on devra en faire, sans trop grande gêne ni trop « grandes dépenses pour les industries [1]. »

Or, chaque jour le travail se modifiant, chaque jour il faut modifier

1. Rapport de M. Poan de Sapincourt. (*Bulletin de la Société industrielle de Rouen*, 1880.)

les règlements comme les procédés de protection ; chaque jour, donc, il faudrait être sur la brèche, et le Comité consultatif, pas plus que la Commission du travail des adultes, ne pourrait suffire à une telle tâche !

Pour juger de l'efficacité d'un procédé de protection, de la gêne qu'il peut apporter au travail, de la dépense d'acquisition et d'installation qu'il entraîne, il faut de fréquentes expériences, il faut constamment se heurter aux nombreuses difficultés qui surgissent sans cesse dans toutes les industries, et, à ces divers points de vue, sans parler des craintes qu'inspirerait à une Commission officielle le jugement d'un procédé, d'une invention, nous pensons que des groupes de praticiens d'une même région seront plus compétents et, en tous cas, moins timorés dans leurs avis que toute commission administrative.

C'est vers les associations pour prévenir les accidents et, à leur défaut, vers les sociétés industrielles, les sociétés d'encouragement, les sociétés scientifiques, que doivent se tourner tous ceux qui « prétendent s'éclairer, » tous ceux qui ne veulent pas rester « stationnaires quand il faudrait marcher, » du côté de l'administration, ils ne trouvent jamais que le néant ; dans les pays où fleurit l'inspection officielle, les règlements d'ateliers sont très imparfaits ou font défaut, et les moyens préventifs sont peu étudiés ; à Mulhouse, où règne la liberté, on a effectué des travaux sérieux qui servent de modèles en Suisse et en Allemagne.

Quant à ceux qui se complaisent dans l'ignorance, la loi serait impuissante à les instruire quand même : il faudrait promptement accourir à son secours.

On sait, en effet, que les propriétaires d'appareils à vapeur ont dû fonder dans plusieurs centres industriels de France, des associations ayant en grande partie pour but de remédier à l'inefficacité de la surveillance administrative, et que ces associations fonctionnent de telle façon qu'elles sont appelées, par le décret de 1880, à sauver l'administration en détresse.

Ce n'est certes pas *à cause de la loi* que ces associations se sont élevées et ont réussi, c'est plutôt *malgré la loi*, car la loi brise les énergies, étouffe les bons sentiments, suscite les difficultés ; et, d'ailleurs, n'est-ce pas en l'absence de toute loi sur la matière que l'association pour prévenir les accidents de machines a été fondée à Mul-

house[1], alors que l'Alsace était française, et qu'elle y a parfaitement réussi; n'est-ce pas en l'absence de toute loi que l'on vient de fonder à Rouen une association semblable à celle de Mulhouse?

L'Association alsacienne, nous l'avons dit, s'est signalée par d'importants travaux; chaque année elle publie d'intéressants rapports, qui établissent d'une manière incontestable les progrès et les services qu'elle rend à l'humanité.

En 1867, date de sa fondation, elle surveillait près de 400,000 broches; aujourd'hui ce chiffre s'élève à plus de 900,000. Après une réduction sensible dans le chiffre des accidents pendant les cinq premières années de son existence, ce chiffre s'est encore réduit à 21 1/2 pour 100 de ce qu'il était au cours de la première période quinquennale[2]. L'Association de Mulhouse est parvenue à susciter l'invention et à répandre l'emploi des mesures préventives en distribuant des récompenses, purement honorifiques, en allouant des subsides, en accordant des facilités d'essais, en favorisant particulièrement les constructeurs mécaniciens qui fournissaient des machines munies d'engins de protection, en créant un service d'inspection qui propage la connaissance des mesures contre les accidents, qui se charge au besoin de leur application, etc., etc.; elle est parvenue à inspirer le sentiment de la prudence chez beaucoup d'ouvriers insouciants, en faisant imprimer des règlements sous forme de livrets et d'affiches à placarder dans les ateliers, etc., etc. L'Association de Mulhouse a réussi parce qu'elle allège la surveillance, parce qu'elle diminue les responsabilités, parce que son ingérence chez les industriels n'a rien de commun avec celle de l'administration!

C'est en s'aidant de l'expérience acquise en Alsace que M. de Coene est parvenu à fonder en 1880, sous le patronage de la Société industrielle de Rouen, « l'Association pour prévenir les accidents de fabrique en Normandie. »

Les rapports du secrétaire et de l'inspecteur pour le premier exercice de l'Association, nous montrent ses fondateurs pleins de confiance dans la réussite de leur œuvre, qui suit une marche identique à celle des institutions de prévoyance, aujourd'hui prospères, qui existent à Rouen.

1. V. les statuts de l'Association de Mulhouse. (Annexe, n° 4).

2. V. pour tous renseignements les *Bulletins de la Société industrielle de Mulhouse* depuis l'année 1867.

« Notre Société commence à fonctionner d'une manière satisfaisante, « nous a écrit récemment M. de Coene ; les industriels sentent toute « l'importance qu'elle peut avoir, soit au point de vue moral, soit au « point de vue matériel. On comprend tous les avantages qui résultent « de la suppression ou tout au moins de la diminution du nombre des « accidents. »

Tout permet donc de compter sur la réussite de l'Association de Rouen, tout permet d'espérer que l'exemple qui vient d'y être donné sera suivi dans nos divers centres industriels.

Mais, fait observer M. Ernest Nusse [1], ces institutions sont très insuffisantes. « Le petit et le moyen fabricant, l'ouvrier-patron entreront- « ils dans ces associations, qui exigent l'achat d'engins de protection « et certaines cotisations minimes, mais onéreuses encore pour la « bourse des humbles? D'ailleurs, nées en certaines agglomérations « industrielles, elles n'en franchiront pas les bornes. Où sera donc la « garantie dans l'usine isolée, dans les localités où l'industrie, sans « être absolument inconnue, est cependant reléguée à un rang infé- « rieur? »

Assurément, l'*action réelle* de l'association ne peut pas s'étendre au delà des bornes de l'agglomération industrielle où elle est née, mais son *action morale* n'a pas de limites. Ainsi, l'inspecteur divisionnaire de travail des enfants dans l'industrie, résidant à Nancy, faisait savoir récemment [2], qu'il avait moins besoin d'auxiliaires (inspecteurs départementaux) que ses collègues des autres régions, « parce que, à raison « du voisinage de l'Alsace-Lorraine, les règlements de Mulhouse qui « ont servi de base à la loi de 1874, étaient depuis longtemps pratiqués « dans les contrées avoisinantes, et par conséquent dans les localités « de sa circonscription. »

Assurément, l'association est impuissante à pénétrer partout ; mais est-ce le service d'inspection qu'on propose de créer qui pourra mieux assurer l'emploi des procédés de protection dans l'usine isolée, chez l'ouvrier-patron et dans les localités où l'industrie est reléguée à un rang inférieur? nous avons suffisamment établi qu'il n'y fallait pas compter. D'ailleurs, s'il y a impuissance de la loi comme de l'association à cet égard, l'association présente au moins l'avantage de réussir

1. Rapport déjà cité.

2. *Bulletin de la Société de protection des apprentis*, t. XIV, p. 11.

sur les points où elle fonctionne, tandis que la loi ne pourrait produire nulle part aucun résultat efficace, parce que la loi imposerait des mesures sans fournir les enseignements que nécessiterait leur application : en rendant obligatoire d'une façon générale l'emploi d'appareils ou de procédés d'une utilité et d'un prix contestables, on ne ferait qu'ouvrir la porte à des conflits incessants et difficiles à trancher.

N'étouffons donc pas, par une loi de surveillance, pour ainsi dire impraticable, les mouvements généreux qui se produisent chaque jour dans notre pays : l'ouvrier ne pourrait qu'y perdre !

Garons-nous de ce socialisme d'État qui domine en Allemagne et fait tache en Angleterre comme en Suisse : toutes les œuvres utiles qui sont dues à l'initiative privée nous y convient.

Écoutons ce que disait, après une expérience de douze années, le fondateur de l'Association mulhousienne, l'honorable M. Engel-Dollfus :

« Nous croyons, comme par le passé et comme nous l'avons dit sou-
« vent, qu'il appartient à l'industrie manufacturière de prendre les de-
« vants, de faire la police de ses ateliers elle-même, et de ne pas atten-
« dre du gouvernement, ou encore moins de lui demander, ce qu'elle
« peut faire mieux et souvent avec plus de compétence que lui, à la
« condition de le vouloir bien fermement [1]. »

Inspirons-nous de ces sages principes en fondant des associations semblables à celles de Mulhouse et de Rouen, et, pour faciliter la tâche, bornons-nous à solliciter des pénalités sévères contre les patrons chez lesquels surviendraient des accidents qui auraient pu être évités par l'emploi des procédés de protection, ou bien, bornons-nous encore à solliciter une réglementation sur la responsabilité qui laisserait moins de place à l'arbitraire des tribunaux que la législation actuelle.

Ne nous attardons même pas à demander à l'État d'encourager à l'invention des moyens propres à conjurer les périls de l'industrie : l'État ne peut tout faire ; il est aussi incompétent à *garantir* un procédé de protection qu'un procédé quelconque. L'État ne peut pas toujours fournir des subsides, distribuer des distinctions honorifiques ; et, d'ailleurs, les résultats acquis, grâce aux récompenses décernées

1. Rapport présenté au nom du bureau pour prévenir les accidents de machines, par M. Engel Dollfus. (Assemblée générale du 8 septembre 1880.)
V. *Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse*, janvier 1881.

par la Société d'encouragement à l'industrie nationale, par les Sociétés industrielles, par la Société de protection des apprentis et par l'Association pour prévenir les accidents de Mulhouse, permettent d'avancer que les œuvres d'initiative privée sont capables, tout aussi bien que l'État, de susciter des inventions même désintéressées!

IV

Si, maintenant, l'on veut bien nous permettre d'émettre incidemment un vœu, nous demanderons ici encore, à l'exemple de ce qui se fait à Mulhouse pour le filateur, nous demanderons qu'on rédige pour chaque industrie un *Manuel* ou *Guide* des directeurs et contre-maîtres, indiquant les mesures les plus propres à éviter les accidents pendant le travail; et nous voudrions que ce Guide, véritable catéchisme industriel, fût entre les mains de tous les élèves de nos écoles professionnelles d'ingénieurs, de contre-maîtres, etc., pour qu'on en inculquât à chacun tous les principes. Expliquer à des élèves une machine ou un procédé dangereux sans indiquer les moyens de parer aux périls qu'ils entraînent, serait aussi coupable que de leur signaler l'action d'un poison violent sans en donner l'antidote!

En prodiguant l'enseignement des mesures préventives des accidents, on habituera ceux qui doivent diriger le travail à compter de bonne heure avec la vie et les forces humaines, à ne pas considérer la production comme le seul facteur important de l'industrie, on sollicitera leur esprit vers le perfectionnement des dispositions existantes, et l'on élèvera une génération pour laquelle il deviendra superflu de réclamer la loi autoritaire que nous avons combattue.

ANNEXES

ANNEXE N° 1.

Paris, le 5 avril 1880.

MONSIEUR LE PRÉFET,

La Chambre des députés a ordonné le renvoi à mon ministère d'une pétition de M. Louis Oviève, mécanicien à Darnétal, relative aux moyens de prévenir les accidents de fabrique. Le pétitionnaire demande qu'une loi intervienne pour soumettre tous les établissements industriels, agricoles, et tous les engins mécaniques en général, aux mesures édictées dans les articles 11 et 16 de la loi du 19 mai 1874 sur le travail des enfants employés dans l'industrie.

Les questions soulevées par la pétition de M. Louis Oviève ont déjà préoccupé mon administration. En 1860, à la suite d'accidents survenus dans les manufactures et dans les usines, ainsi que dans les fermes, il a été procédé à une enquête dont les résultats ont été soumis à l'examen du conseil d'État.

Dans une circulaire du 30 juin 1860, un de mes prédécesseurs a fait connaître aux préfets les moyens qui, d'après l'avis du conseil d'État, paraissent les plus propres à prévenir les accidents.

Toutefois le ministre, reconnaissant que l'emploi de ces moyens ne pouvait avoir aucun caractère définitif, avait invité les préfets à le tenir informé des accidents qui surviendraient dans les établissements où l'on se sert d'appareils mécaniques, afin de permettre à l'administration, dans le cas où les mesures prescrites par la circulaire seraient restées infructueuses, de reprendre l'étude de la question avec tout le soin que méritent les intérêts si importants qui y sont engagés.

Le moment est venu, monsieur le préfet, de reprendre cette étude. Le Ministre du commerce a pour mission de rechercher toutes les améliorations que comporte la situation des ouvriers et d'assurer, dans la mesure du possible, la sécurité des travailleurs. Jai pensé qu'il convenait de procéder à une enquête approfondie sur les causes des accidents dont sont victimes les ouvriers. J'ai donc l'honneur de vous prier de vouloir bien me faire connaître les mesures qui auraient été prises dans votre département

pour prévenir les accidents, conformément aux instructions ministérielles du 30 juin 1860. Je vous serai obligé, en outre, de vouloir bien m'adresser un état aussi complet que possible indiquant les accidents survenus dans les établissements industriels et agricoles de votre département, les causes de ces accidents, les mesures de précaution qui ont été prises pour en prévenir le retour, les responsabilités encourues par les propriétaires et patrons, et tous les renseignements de nature à éclairer la question soulevée par la pétition de M. Louis Oviève.

Je vous prie également de me faire connaître quels seraient, à votre avis, les moyens qu'il conviendrait de prescrire, en dehors de ceux indiqués par la pétition, pour arriver au but que s'était proposé le département du commerce en 1860 et qui est poursuivi aujourd'hui par M. Oviève.

Recevez, etc.

Le Ministre de l'Agriculture et du Commerce,

Signé : P. TIRARD.

ANNEXE N° 2.

Extraits de la loi anglaise du 27 mai 1878, relative aux manufactures et ateliers.

1° MESURES SANITAIRES [1].

3. — Une manufacture et un atelier doivent être tenus en état de propreté et délivrés de toute émanation provenant d'un fossé, de lieux privés ou de toute cause insalubre.

Une manufacture ou un atelier ne doit pas être rempli de monde pendant les heures de travail, au point de nuire à la santé des employés, et doit être aéré de façon à rendre inoffensifs, autant que possible, tous les gaz, vapeurs, poussières et autres impuretés engendrées par la fabrication des produits ou la main-d'œuvre.

Toute manufacture ou tout atelier qui contreviendra aux dispostions de cette section sera considéré comme n'étant pas tenu conformément à la loi.

1. Traduction de M. Jules Périn, avocat (*Bulletin de la Société de protection des apprentis et des enfants employés dans les manufactures*, t. XII).

4. — Lorsqu'il vient à la connaissance de l'inspecteur qu'il a été commis dans la manufacture ou l'atelier un acte de négligence, ou qu'il existe un défaut dans la tenue des fossés, *water closets*, enclos, communs, cendriers, puits ou tout autre délit dont il n'est pas parlé dans l'acte, mais qui est passible de la loi sur la salubrité publique, l'inspecteur donnera, par écrit, avis de l'acte de négligence ou du manquement à l'autorité sanitaire du district dans lequel est situé la manufacture ou l'atelier, et l'autorité sanitaire aura pour devoir de faire telle enquête que l'avis comportera et de prendre telle décision qu'elle jugera propre à atteindre le but de la loi.

L'inspecteur peut, pour les besoins de cette section, prendre avec lui, dans l'intérieur de la manufacture ou de l'atelier, un officier médical de santé, un inspecteur de salubrité ou tout autre agent de l'autorité sanitaire.

2° SURETÉ [1].

Couverture de certaines machines.

5. — Par rapport à l'apposition d'appareils préventifs sur les machines dans une fabrique, les dispositions suivantes doivent être effectuées :

(1) Tout treuil ou monte-charges auprès desquels une personne est obligée de passer ou d'être employée, et tout volant relié directement avec la vapeur ou l'eau, ou tout autre force motrice, que ce soit dans le bâtiment du moteur ou non, et toute partie d'une machine à vapeur ou d'une roue hydraulique, doit être sûrement recouverte d'un appareil préventif, etc.

(2) Toute grande roue qui n'est pas autrement garantie doit être bien recouverte près du bord de la roue, etc.

(3) Toute partie de transmission doit être ou bien suffisamment couverte, ou bien placée dans une position telle, ou construite de telle manière, qu'elle soit aussi bien inoffensive pour toute personne employée dans la fabrique qu'elle le serait si elle était couverte d'un appareil de sûreté, etc.

(4) Tout appareil préventif sera constamment maintenu en état d'efficacité pendant que les parties appelées à être recouvertes sont en mouvement, ou servent à quelque procédé de fabrication.

Une fabrique où il y a une contravention à ce paragraphe sera jugée n'être pas tenue en conformité de cette loi.

Couverture préventive d'autres machines dangereuses, sur un avertissement de l'inspecteur.

6. — Lorsque l'inspecteur estime que, dans une fabrique, une partie d'un mécanisme quelconque, mû par la vapeur d'eau ou une autre force

1. Extrait des comptes rendus de l'association pour prévenir les accidents de machines de Mulhouse.

motrice, à laquelle ne seraient pas appliquées les précédentes dispositions de cette loi, à l'égard de la couverture des machines, n'est pas recouverte convenablement, qu'elle est si dangereuse qu'il est à présumer qu'elle causera des lésions corporelles à quelque personne employée dans la fabrique, les dispositions suivantes seront appliquées pour la couverture de semblables machines :

(1) L'inspecteur formulera, contre le propriétaire de la fabrique, une note le requérant de faire couvrir la partie du mécanisme que l'inspecteur juge être particulièrement dangereuse.

(2) Le fabricant, dans les sept jours après la réception de la note, pourra formuler une requête contre l'inspecteur, pour soumettre la matière à un arbitrage, et là-dessus, la question sera déférée à une expertise et deux arbitres-experts seront désignés, l'un par l'inspecteur et l'autre par le fabricant; les dispositions de la loi de *Consolidation des clauses de Sociétés*, de 1845, touchant l'arrangement des différends par arbitrages, seront, en s'en tenant rigoureusement aux dispositions prévues par cette loi, appliquées à ladite expertise, et les arbitres ou leurs experts donneront leur décision dans les vingt et un jours qui suivront leur dernier arbitrage ou, en cas d'arbitrage, après que l'arbitrage aura été fixé ou en tout autre laps de temps ultérieur que le fabricant ou l'inspecteur accordera par écrit; et si la décision n'est pas rendue de cette manière, l'affaire sera déférée à l'expertise d'un arbitre à désigner par le juge de la Cour du comté dans le ressort duquel la fabrique est située.

(3) Si les arbitres ou leurs experts décident qu'il est inutile ou impossible de couvrir le mécanisme déclaré dangereux dans le rapport, le rapport sera enregistré, et le fabricant ne sera pas, en conséquence, requis de faire couvrir, et les frais de l'arbitrage seront payés comme les frais d'inspecteurs tombant sous le coup de cette loi.

(4) Si le fabricant ne formule pas, dans lesdits sept jours, une requête contre l'inspecteur pour déférer la question à un arbitrage, ou s'il ne désigne pas un arbitre dans les sept jours après la déposition de cette requête, ou bien, si ni les arbitres ni les experts ne décident qu'il est inutile ou impossible de couvrir les machines désignées dans le rapport comme dangereuses, le fabricant devra faire apposer un appareil préventif auxdites machines, de conformité avec le rapport ou avec la décision des arbitres ou experts, si cela modifie le rapport, et les frais d'arbitrage seront payés par le fabricant et recouvrés auprès de lui par l'inspecteur par-devant la Cour du comté.

(5) Lorsque le propriétaire d'une fabrique néglige de satisfaire, dans un délai moral, aux exigences de ce paragraphe tendant à couvrir efficacement lesdites machines, conformément à l'esprit du rapport ou de la décision, ou qu'il manque de garder ces machines bien couvertes, de conformité avec eux, ou qu'il néglige constamment de maintenir de semblables couvertures dans un état à servir efficacement pendant que la machine dé-

signée pour être couverte fonctionne pour quelque opération de fabrique, l'usine doit être jugée n'être pas tenue en conformité de cette loi.

(6) Dans le programme de ce paragraphe et de quelques dispositions qui y sont relatives, le mot *machine* sera compris comme s'étendant à la courroie ou au câble de transmission.

Couverture de récipients ou appareils dangereux pour lesquels avertissement a été donné par l'inspecteur.

7. — Lorsque l'inspecteur estime que dans une fabrique ou un atelier une cuve, un bassin ou tout autre appareil dont on se sert pour l'exploitation ou le métier qui se fait dans une fabrique ou atelier de ce genre, et auprès duquel ou sur lequel des enfants ou de jeunes personnes sont tenus de passer ou d'être employés, est si dangereux, à cause de son contenu d'eau bouillante, de métal fondu ou d'autre matière, qu'il semble qu'il causera des lésions corporelles à quelque enfant ou jeune personne employés dans la fabrique ou l'atelier, il formulera contre le propriétaire de la fabrique ou de l'atelier une sommation le requérant de couvrir ces bassines ou autres appareils de ce genre.

Les dispositions de cet acte relatives à la couverture de machines que l'inspecteur juge n'être pas suffisamment recouvertes et qu'il estime être dangereuses, s'appliquent de la même manière que si elles étaient répétées dans ce paragraphe, en substituant les mots *chaudière* ou autre *appareil* à celui de machine et en ajoutant le nom de l'atelier, et si le propriétaire d'une fabrique ou d'un atelier néglige constamment de maintenir la couverture exigée par ce paragraphe dans un état à servir efficacement, alors que ce cuvier ou autre appareil est plein dudit contenu ou présente d'autres dangers, comme il est dit précédemment, la fabrique ou l'atelier seront jugés n'être pas tenus conformément à cette loi.

Solide fixation de meules à aiguiser et remplacement de meules défectueuses, lorsque sommation en est faite par l'inspecteur.

8. — Lorsqu'un inspecteur remarque dans une fabrique qu'une meule à aiguiser, mue par la vapeur d'eau ou autre force motrice, est si défectueuse en elle-même ou fixée d'une manière si défectueuse qu'elle semble devoir causer quelque lésion corporelle à l'aiguiseur qui s'en sert, il formulera contre le fabricant une sommation le requérant de remplacer cette meule défectueuse ou de fixer convenablement la meule posée d'une manière fautive.

Les dispositions de cette loi concernant la couverture des machines qu'un inspecteur estime n'être pas sûrement couvertes ou qu'il croit dangereuses,

s'appliqueront comme si elles étaient comprises dans cette section, avec les modifications nécessaires.

Lorsque le propriétaire d'une fabrique néglige de maintenir les meules mentionnées dans le rapport ou la décision dans un état tel qu'elles ne puissent être dangereuses, la fabrique sera jugée n'être pas tenue conformément à cette loi.

Défense de nettoyer les machines pendant qu'elles sont en marche, ou de travailler entre les parties d'une machine self-acting.

9. — Il ne sera pas permis à un enfant de nettoyer une partie de machine dans une fabrique pendant que cette machine est en mouvement par l'aide de la vapeur, de l'eau ou d'une autre force motrice.

Il ne sera pas permis à un adulte[1] ou à une femme de nettoyer telle partie de machine qui soit une transmission pendant que celle-ci est en mouvement pour faire marcher quelque partie des machines d'exploitation.

Un enfant, un adulte ou une femme ne devra pas travailler entre les parties fixes et mobiles d'une machine self-acting pendant que la machine est mue par l'action de la vapeur, de l'eau ou de toute autre force motrice.

Un enfant, un adulte ou une femme auquel il sera permis de nettoyer ou de travailler en contravention de ces dispositions, sera jugé être employé contrairement aux dispositions de cette loi. Etc., etc., etc. . . . . .

ACCIDENTS.

34. — Lorsqu'il arrive dans une fabrique ou un atelier quelque accident qui :

(*a*) Ou bien fait perdre la vie à une personne employée dans la fabrique ou l'atelier,

(*b*) Ou bien cause quelque lésion corporelle à une personne employée dans la fabrique ou l'atelier, qu'elle soit produite soit par une machine mue par la vapeur d'eau ou autre force motrice, ou par explosion, ou par le dégagement de gaz, de vapeur ou de métal, et que cet accident soit de nature à empêcher la personne ainsi blessée de retourner à son travail dans la fabrique ou l'atelier pendant quarante-huit heures après que l'accident est arrivé.

Procès-verbal de l'accident devra sur-le-champ être envoyé à l'inspecteur et au chirurgien assermenté du district, avec indication de la demeure de la personne tuée ou blessée, ou de l'endroit où elle aura pu être trans-

1. Le mot *adulte* désigne les jeunes gens mineurs.

portée; et si un tel procès-verbal n'est pas envoyé, le propriétaire de la fabrique ou de l'atelier sera passible d'une amende n'excédant pas 5 livres.

Si quelque accident de la nature de ceux dont il est parlé précédemment arrive à une personne employée dans une forge ou haut-fourneau ou autre fabrique ou atelier dont le propriétaire n'est pas le patron de la personne tuée ou blessée, l'exploitant actuel doit immédiatement en donner connaissance au propriétaire, faute de quoi il pourra être passible d'une amende n'excédant pas 5 livres.

Un procès-verbal, dont l'article 63 de la loi sur les explosions veut qu'on donne avis à l'inspecteur du gouvernement, n'a pas besoin d'être adressé au chirurgien assermenté conformément à cet article. Etc., etc., etc. . . .

DISPOSITIONS PARTICULIÈRES APPLICABLES A DES CATÉGORIES SPÉCIALES DE MANUFACTURES ET ATELIERS [1].

33. — Dans le but d'assurer l'exécution du présent acte concernant la propreté des ateliers ou manufactures, tous les murs intérieurs et tous les plafonds ou toits (que ces murs, plafonds ou toits soient plâtrés ou non), ainsi que les couloirs et escaliers s'ils n'ont pas été peints à l'huile ou vernis au moins une fois tous les sept ans, seront blanchis à la chaux une fois au moins tous les quatorze mois, et, s'ils ont été peints à l'huile ou vernis, ils seront lavés à l'eau chaude avec du savon une fois au moins tous les quatorze mois.

La manufacture ou l'atelier qui contreviendront aux prescriptions de cet article seront considérés comme n'étant pas tenus en conformité du présent acte.

Quand il semble au secrétaire d'État que, dans une catégorie quelconque de manufactures ou d'ateliers les règlements concernant le nettoyage ne peuvent être appliqués conformément à l'esprit de la loi ou ne sont pas applicables par suite de circonstances particulières, il aura le droit, s'il juge convenable, par une ordonnance rendue conformément à cet article, d'accorder une exception spéciale auxdits règlements.

36. — Si, dans une manufacture ou un atelier on aiguise, vernit ou polit à la meule, ou l'on y fait une industrie qui engendre de la poussière malsaine pour les ouvriers, et, s'il semble à un inspecteur qu'une telle inhalation peut être combattue jusqu'à un certain point par l'usage d'un ventilateur à ailes ou autre moyen mécanique, cet inspecteur ordonnera que l'établissement du ventilateur ait lieu dans un temps raisonnable, et si ce ventilateur n'est pas fourni, entretenu et employé, la manufacture ou l'atelier seront considérés comme ne se conformant pas au présent acte.

1. Traduction de M. Jules Périn.

37. — Un enfant, un adulte ou une femme ne peuvent être employés dans aucune partie de la manufacture où se fait la filature humide, à moins que des mesures suffisantes soient prises pour protéger les travailleurs contre l'humidité et, dans le cas d'emploi de l'eau chaude, pour les préserver des fuites de vapeur dans la pièce qu'ils occupent. Une manufacture qui contreviendra à ces prescriptions sera considérée comme n'étant pas tenue conformément au présent acte.

ADMINISTRATION, PÉNALITÉS ET PROCÉDURE LÉGALE.

67. — De temps en temps, un secrétaire d'État peut, avec l'approbation du Trésor relativement aux effectifs et aux salaires, nommer tels inspecteurs (en fixant de temps à autre leur qualité), clercs et aides qu'il juge nécessaires à l'exécution de cette loi. Il peut leur assigner leurs devoirs et fixer le taux de leurs salaires. Il a le droit d'instituer un inspecteur principal ayant un bureau à Londres, et de régler les cas et la forme dans lesquels les inspecteurs doivent se conformer aux prescriptions du présent acte. Il peut, enfin, destituer les inspecteurs, clercs et aides. Les salaires des inspecteurs, clercs et aides, ainsi que les dépenses faites à leur sujet par le secrétaire d'État en exécution du présent acte, seront payés sur les fonds votés par le parlement. Etc., etc., etc. . . . . .

68. — Un inspecteur, d'après le présent acte, aura les pouvoirs suivants :

(1) D'entrer, d'inspecter et d'examiner, à toute heure convenable du jour ou de la nuit, une manufacture ou un atelier, quand il a un motif valable de croire qu'une personne quelconque y est employée, et d'entrer le jour en tout endroit qu'il juge être une manufacture ou un atelier.

(2) De prendre avec lui un constable pour pénétrer dans la manufacture toutes les fois qu'il a un motif raisonnable de craindre des obstacles sérieux à l'exécution de son mandat. . . . . .

(4) De se livrer à tels examens ou enquêtes qu'il jugera nécessaires pour s'assurer de l'exécution des règlements du présent acte concernant les heures et l'hygiène, en tant qu'il s'agit d'une manufacture, d'un atelier ou des personnes qui y sont occupées. Etc., etc., etc. . . . . .

84. — Si une manufacture ou un atelier n'est pas tenu en conformité du présent acte, l'occupant est passible d'une amende n'excédant pas dix livres sterling.

Le tribunal de juridiction sommaire peut, au lieu d'infliger l'amende, ordonner l'adoption par l'occupant de certaines mesures, dans un laps de temps déterminé, afin de faire ramener sa manufacture ou son atelier dans les règles prescrites par le présent acte; le tribunal peut aussi, sur demande, augmenter la durée de ce laps de temps; mais si, après l'expira-

tion de la période accordée, l'occupant ne se conforme pas à l'ordonnance, il sera passible d'une amende n'excédant pas une livre pour chaque jour de manquement.

82. — Si une personne quelconque est tuée ou blessée parce que l'occupant d'une manufacture a négligé de se conformer aux règlements de cet acte sur l'entourage des machines, cuves, etc., ou a négligé de maintenir l'entourage en bon état, l'occupant sera passible d'une amende n'excédant pas cent livres sterling, dont tout ou partie sera attribué soit à la personne blessée, soit à sa famille, soit à tel autre usage que le secrétaire d'État déterminera.

Il est entendu que l'occupant d'une manufacture ne sera point passible de l'amende si une dénonciation portée contre lui à propos du manque d'entourage a été entendue et reconnue non fondée avant l'époque où l'accident ayant occasionné la mort ou une blessure a eu lieu. Etc., etc., etc...

99. — Quand, dans une manufacture, le propriétaire ou loueur de la machine ou de l'outillage mû par la vapeur, l'eau ou autre force mécanique dans laquelle des enfants, adultes ou femmes sont employés, est une personne autre que l'occupant de la manufacture et lorsque ces enfants, adultes et femmes sont payés par le propriétaire ou le loueur de ladite machine, ce propriétaire ou loueur est dans tous les cas de délits prévus par cet acte en ce qui concerne les enfants, adultes et femmes, considéré comme étant l'occupant de la manufacture. Etc., etc., etc. . . . . .

. . . . . .

ANNEXE N° 3.

Extraits de la loi suisse du 23 mars 1877, concernant le travail dans les fabriques.

ARTICLE PREMIER. — Tout établissement industriel où un nombre plus ou moins considérable d'ouvriers sont occupés simultanément et régulièrement, hors de leur demeure et dans un local fermé, doit être considéré comme fabrique, et est soumis aux prescriptions de la présente loi.

Lorsqu'il y a doute sur la question de savoir si un établissement industriel doit, ou non, être rangé dans la catégorie des fabriques, le Conseil fédéral prononce en dernier ressort, après avoir pris le préavis du gouvernement cantonal.

ART. 2. — Les ateliers, les machines et les engins doivent être établis et entretenus de façon à garantir le mieux possible la santé et la vie des ouvriers.

On veillera en particulier à ce que les ateliers soient bien éclairés pendant les heures de travail, à ce que l'atmosphère soit autant que possible débarrassée de la poussière qui s'y forme, et à ce que l'air s'y renouvelle toujours dans une mesure proportionnelle au nombre des ouvriers, aux appareils d'éclairage et aux émanations délétères qui peuvent s'y produire.

Les parties de machine et les courroies de transmission, qui offrent des dangers continuels pour les ouvriers, seront soigneusement renfermées. On prendra, en général, pour protéger la santé des ouvriers et pour prévenir les accidents, toutes les mesures dont l'expérience a démontré l'opportunité et que permettent d'appliquer les progrès de la science, de même que les conditions dans lesquelles on se trouve.

Art. 3. — Toute personne qui veut établir et exploiter une fabrique ou transformer une fabrique déjà existante, devra prévenir le gouvernement cantonal de son intention ainsi que de la nature de l'exploitation projetée. Elle fournira des données exactes sur le genre d'industrie qu'elle compte exercer, ainsi que le plan de la construction et de la distribution intérieure de son établissement, afin que l'autorité puisse se convaincre que les prescriptions de la présente loi ont été observées en tous points.

Nulle fabrique ne peut être ouverte ou être remise en activité sans l'autorisation formelle du gouvernement.

Si la nature de l'établissement entraîne des dangers exceptionnels pour la santé et la vie des ouvriers ou de la population avoisinante, l'autorité n'accorde l'autorisation qu'en formulant les réserves qu'elle juge utiles.

Si, pendant l'exploitation d'une fabrique, on s'aperçoit qu'elle présente de graves inconvénients, qui compromettent la vie et la santé des ouvriers ou de la population avoisinante, l'autorité doit faire cesser cet état de choses, en fixant, à cet effet, un délai péremptoire, ou, si les circonstances l'exigent, en suspendant l'autorisation d'exploiter.

Les contestations qui s'élèvent entre les gouvernements cantonaux et les propriétaires de fabrique sont tranchées par le Conseil fédéral.

Le Conseil fédéral édicte les dispositions générales et les règlements spéciaux que réclament une application uniforme du présent article. Sous réserves des règles posées par la présente loi, les lois cantonales relatives à la police des constructions restent en vigueur.

Art. 4. — Le propriétaire de fabrique est tenu d'avertir immédiatement l'autorité locale compétente de tous les cas de lésions graves ou de mort violente survenus dans son établissement. Cette autorité doit procéder d'office à une enquête sur les causes et les conséquences de l'accident, et en prévenir le gouvernement cantonal.

Art. 5. — Une loi fédérale statuera sur les dispositions nécessaires quant à la responsabilité provenant de l'exploitation des fabriques.

En attendant, les principes suivants seront appliqués par le juge appelé à prononcer :

(*a*). Le propriétaire de la fabrique est responsable des dommages causés

si un mandataire, représentant, directeur ou surveillant de la fabrique a, dans l'exercice de ses fonctions, occasionné par sa faute des lésions corporelles ou la mort d'un employé ou d'un ouvrier.

(*b*). Le propriétaire de la fabrique est également responsable de ces dommages lorsque, même sans qu'il y ait faute spéciale de la part de ses mandataires, représentants, directeurs ou surveillants, l'exploitation de la fabrique, a occasionné des lésions ou la mort d'un ouvrier ou employé, à moins qu'il ne prouve que l'accident provient d'un cas de force majeure, ou qu'il a été amené par la faute même de la victime. Si celle-ci a été partiellement la cause de l'accident, la responsabilité du fabricant, quant aux dommages-intérêts, est réduite dans une juste proportion.

(*c*). Les actions en dommages-intérêts sont prescrites au bout de deux ans, à dater du jour où l'accident a entraîné des lésions corporelles ou la mort.

(*d*). Le Conseil fédéral désignera, en outre, celles des industries dont l'exercice suffit à engendrer certaines maladies graves, auxquelles s'étendra la responsabilité prévue pour les accidents.

ART. 6. — Les fabricants devront tenir, suivant un modèle dressé par le Conseil fédéral, un état exact des ouvriers travaillant dans leurs établissements..., etc. . . . . .

ART. 15. — Les femmes ne peuvent être employées à nettoyer les moteurs en mouvement, les appareils de transmission et les machines dangereuses..., etc. . . . . .

Dispositions exécutoires et pénales.

ART. 17. — L'exécution de la présente loi, qui s'applique également aux fabriques existantes et à celles qui seront établies dans la suite, ainsi que l'application des mesures et des prescriptions émanant du Conseil fédéral en conformité de la loi, est du ressort des autorités cantonales, qui se feront représenter à cet effet comme elles le jugeront convenables.

Les gouvernements cantonaux feront parvenir au Conseil fédéral un état des fabriques existant sur le territoire, ainsi que celles qui pourraient s'y établir ou se fermer dans la suite; ils fourniront d'après les prescriptions qui leur seront transmises par le Conseil fédéral, des données statistiques sur les différents points qui font l'objet de la présente loi.

Les gouvernements adresseront également au Conseil fédéral, à la fin de chaque année, un rapport détaillé sur leur activité au point de vue de l'exécution de la loi, sur les expériences qu'ils ont pu faire à cet égard, sur les effets de la loi, etc... Le Conseil fédéral prendra les décisions ultérieures sur le mode de procéder en cette matière.

Ils fourniront en tout temps au Conseil fédéral, au département désigné

par lui ou aux fonctionnaires compétents, tous les renseignements qui pourraient leur être demandés.

ART. 18. — Le Conseil fédéral exerce le contrôle sur l'exécution de la présente loi. Il désigne dans ce but, des inspecteurs permanents, et détermine leurs obligations et leurs attributions. Il peut en outre, s'il le juge nécessaire, ordonner des inspections spéciales sur certaines industries ou fabriques. Il demande à l'Assemblée fédérale les crédits nécessaires à cet effet.

ART. 19. — Sans préjudice de la responsabilité civile, toute contravention aux prescriptions de la présente loi ou aux ordres écrits de l'autorité compétente, sera frappée, par les tribunaux, d'amendes de 5 à 500 francs.

En cas de récidive, il est loisible aux tribunaux de prononcer, indépendamment de l'amende un emprisonnement qui peut s'étendre jusqu'à trois mois, etc. . . . . .

ANNEXE N° 4.

STATUTS

de l'Association pour prévenir les accidents de machines de *Mulhouse*, arrêtés en séance du 12 mai 1867.

Il est formé entre les fabricants soussignés :

Une Association dont le but est de prévenir les accidents de machines, qui peuvent être évités, soit par des dispositions officieuses, soit par la communication des dispositions et accessoires de machines les plus propres à garantir l'ouvrier, soit encore par l'indication des meilleures dispositions réglementaires à adopter dans les établissements.

L'Association ne comprendra pour commencer que des manufactures de Mulhouse et environs immédiats.

Elle décidera elle-même de l'extension à donner à sa surveillance après ce premier essai.

L'Association se dirige elle-même et se réunit sur toute demande de l'un de ses membres et, obligatoirement une fois par an, à l'époque qui sera fixée ultérieurement.

Pour l'année de début, ses réunions seront au nombre de trois au moins.

Ses décisions sont prises à la majorité relative des voix.

La coopération du comité de mécanique de la Société industrielle ayant

été offerte à l'Association pour la partie technique, celle-ci l'a acceptée avec reconnaissance.

L'Association nomme un secrétaire présidant ses réunions, et un secrétaire-adjoint.

Elle nomme un inspecteur salarié pour visiter les établissements, au point de vue de la prévention des accidents.

Cet inspecteur s'engage d'honneur à ne visiter les établissements qu'accompagné de l'un des chefs de l'établissement ou d'une personne déléguée; à s'abstenir de tout examen qui ne serait pas dicté par le seul désir de remplir son mandat avec une entière discrétion.

L'inspecteur consigne ses observations sur un registre, qui ne reçoit aucune publicité, mais qui est tenu à la disposition de chacun des membres de l'Association.

Il prend note des accidents qui arrivent à sa connaissance et fait un rapport sur les moyens d'en prévenir le retour, après avoir entendu l'avis des directeurs, contre-maîtres et ouvriers.

Il laisse à l'établissement visité une note *écrite*, mentionnant ses observations.

Il fait, chaque année, un rapport sur les dispositions réglementaires et les accessoires de machines les plus propres à prévenir les accidents de machines.

Les fonds de l'Association se composent, pour la première année, d'une cotisation de 10 francs par mille broches et par an, et de 35 cent. par métier à tisser [1].

Cette cotisation ne peut être élevée. A la fin de chaque exercice, on fixera la cotisation pour l'année suivante.

Il sera fait des abonnements avec les établissements appartenant à d'autres industries qui voudraient faire partie de l'Association.

Les adhérents signalent à l'inspecteur tout accident grave arrivé dans leurs établissements. Ces accidents sont consignés dans un registre spécial.

L'Association prépare dès à présent, par les soins de son inspecteur, les matériaux d'un *Manuel de l'Ouvrier*, à mettre entre les mains des chefs d'établissement et de la classe ouvrière, pour leur faire connaître les principales précautions à prendre et les dispositions à observer dans l'intérêt de la sécurité de chacun.

Les présentes adhésions n'engagent que pour trois ans.

Six mois avant l'expiration du délai de trois ans, les adhérents à l'Association décideront de sa continuation ou de sa suppression.

1. Cette cotisation a été réduite à 6 fr. par mille broches de filature; à 20 c. par métier à tisser; celle des machines à imprimer au rouleau, a été fixée à 20 fr. par machine.

ANNEXE N° 5.

Extraits des Statuts de l'Association pour prévenir les accidents de fabrique de *Rouen* (22 décembre 1879).

TITRE I

Objet de la Société. — Avantages qu'elle offre à ses Membres.

ARTICLE PREMIER. — Il y aura, entre les soussignés et ceux qui par la suite adhéreront aux présents Statuts, une Association mutuelle, dont l'objet et les conditions d'existence vont être ci-après déterminés.

ART. 2. — L'Association a pour but de prévenir les accidents de fabrique en faisant connaître à ses membres les dispositions propres à les éviter.

ART. 3. — Pour atteindre les résultats qu'elle se propose, l'Association a recours aux moyens suivants :

Elle garantit à tous ses Membres le bénéfice de deux inspections par année et pour chaque établissement ou atelier.

Ces inspections ont pour but de relever l'état des diverses machines et appareils en ce qui concerne la sécurité des ouvriers; d'étudier et de proposer les moyens de garantie; de tenir note de toutes les observations faites par les chefs d'établissement et contre-maîtres relatives aux avantages et aux inconvénients des appareils de garantie déjà employés.

L'inspecteur est tenu et s'engage d'honneur à ne visiter les établissements qu'accompagné de l'un des chefs ou d'une personne déléguée, à s'abstenir de tout examen qui ne serait pas dicté par le seul désir de remplir son mandat avec une entière discrétion. Il relève, sur un registre spécial, ses observations; ce registre ne reçoit aucune publicité, mais peut être communiqué aux Membres de l'Association.

En cas d'accident, l'inspecteur se rend sur les lieux aussitôt qu'il en a connaissance, et, après avoir entendu les avis et observations des directeurs, contre-maîtres et ouvriers, il dresse un rapport sur les circonstances de l'accident et sur les moyens d'en prévenir le retour. Cette enquête est gratuite, les accidents sont consignés sur un registre spécial.

A chaque visite, l'inspecteur laisse à l'établissement une note écrite sur ses observations.

Il fait, chaque année, un rapport résumant les règlements et appareils de garantie les plus propres à prévenir les accidents; il y fait connaître les engins nouveaux, les recherches faites, ainsi que les résultats obtenus.

Enfin, le vendredi, il se tient dans son bureau à la disposition de tous

ceux des Membres qui ont un avis à lui demander ou une communication à faire, concourant au but de l'Association.

ART. 4. — L'Association ne répond en aucune façon des accidents, quelle que soit leur gravité; elle ne promet que ses services dans un but exclusivement préventif et d'humanité, comme il vient d'être indiqué sous l'article 3. En un mot, son rôle est de classer et d'étudier les causes des accidents, de rechercher les moyens de les prévenir et, par ses inspections, d'assurer à tous les Sociétaires le bénéfice des recherches communes.

TITRE II

Dénomination. — Siège. — Durée. — Circonscription.

ART. 5. — La Société prend la dénomination d'*Association pour prévenir les accidents de fabrique.*

ART. 6. — Le siège et le domicile de la Société sont établis à Rouen, rue Jeanne-Darc, 3.

ART. 7. — Sa durée est fixée à trois années, qui commenceront à partir de la constitution définitive.

Elle pourra être prorogée, s'il y a lieu, conformément aux dispositions des présents statuts.

ART. 8. — La circonscription territoriale de ses opérations comprend le département de la Seine-Inférieure, et pourra, s'il y a lieu, s'étendre aux départements limitrophes.

TITRE III

Composition de l'Association, membres ordinaires et membres correspondants. — Admission. — Formation et cessation de l'engagement.

ART. 10. — L'Association se compose de membres honoraires et de membres correspondants du conseil d'administration.

Les membres ordinaires sont soumis au payement des cotisations; en revanche, ils ont droit à tous les avantages qui viennent d'être énumérés.

Les membres correspondants sont pris parmi les personnes qui ont rendu des services exceptionnels à l'Association.

Leur nomination a lieu en assemblée générale sur la présentation des membres du conseil d'administration.

Ils peuvent être admis à assister aux séances du conseil d'administration, et ils reçoivent gratuitement toutes les publications de l'Association.

ART. 11. — L'engagement pris par les membres ordinaires résulte de leu

adhésion aux Statuts, constatée par un certificat d'admission délivré au nom de l'Association.

En conséquence, tout industriel qui désire faire partie de l'Association doit en faire la demande écrite au président du conseil d'administration. Dans la quinzaine suivante, ses ateliers sont visités par l'inspecteur de l'Association, qui transmettra dans le plus bref délai son rapport; aussitô surviendra, s'il y a lieu, l'admission définitive.

Elle sera constatée par un certificat signé par le Président du Conseil d'administration.

La lettre d'adhésion, de même que le certificat d'admission, porteront en tête ou à la suite, le texte des Statuts.

La lettre d'adhésion indiquera en outre le nombre et la description sommaire des outils, métiers ou appareils que l'adhérent engage dans la Société.

TITRE IV

Devoirs et charges des membres de l'Association. — Cotisations. — Cas d'accidents. — Modifications et réparations des appareils.

ART. 15. — Le fait de l'admission emporte, pour les Membres ordinaires, l'obligation de payer les cotisations annuelles.

L'admission d'un Membre dans le courant d'un exercice, lequel part du 1er juillet de chaque année, l'oblige au payement de la cotisation pour l'année entière.

ART. 16. — Les cotisations des Membres ordinaires sont fixées comme suit :

10 fr. par 1,000 broches;
35 cent. par métier à tisser;
25 fr. par machine à imprimer au rouleau [1].

1. En vertu d'une décision de l'Assemblée générale du 11 novembre 1881, l'article 16 est modifié ainsi qu'il suit :

ART. 16. — Les cotisations des membres ordinaires sont fixées comme suit :

Filature.		*Tissage.*	
10,000 broches	100 fr.	100 métiers	35f »
Chaque mille en sus	8	Chaque métier en sus	» 30
20,000 broches	180	200 métiers	65 »
Chaque mille en sus	6	Chaque métier en sus	» 25
30,000 broches	240	300 métiers	90 »
Chaque mille en sus	4	Chaque métier en sus	» 20
40,000 broches	280	400 métiers	110 »
Chaque mille en sus	2	Chaque métier en sus	» 15
50,000 broches	300	500 métiers	125 »
Chaque mille en sus	1	Chaque métier en sus	» 10

Impression.

1 machine à imprimer	25 francs.
4 machines	100
Chaque machine en sus	20
8 machines	180
Chaque machine en sus	15

Il sera fait des abonnements avec les autres industries.

Le tarif s'applique en raison du nombre total des appareils, quel que soit leur système.

En cas de désaccord entre l'inspecteur et l'industriel sur l'application du tarif, le Conseil d'administration décidera. Etc., etc., etc. . . . . .

ART. 19. — En cas d'accident, les membres de l'Association sont tenus d'en informer immédiatement l'inspecteur, sans préjudice de la déclaration que la loi les oblige à faire à l'autorité administrative.

ART. 20. — Comme toute modification des appareils pourrait, dans certains cas, être une cause de danger, elle doit être signalée à l'inspecteur, qui l'examine.

ART. 21. — Toutes les fois que, dans l'intérêt de la sécurité, l'inspecteur jugera utile de modifier ou réparer un appareil, ou de mettre en vigueur de nouveaux règlements préventifs, il en avertira par lettre le propriétaire. Si celui-ci, ainsi mis en demeure de se conformer à la mesure, croit ne pas devoir s'y soumettre, il sera appelé devant le Conseil d'administration, et s'il persiste dans son refus, sans motifs jugés convenables, le Conseil pourra prononcer son exclusion, après l'avoir entendu, sans qu'il puisse y avoir de recours contre cette décision.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE JUIN 1882

Séance du 2 Juin 1882.

PRÉSIDENCE DE M. Émile TRÉLAT.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 19 mai est adopté.

M. LE PRÉSIDENT annonce la nomination de M. Albert Cahen, comme chevalier de l'Ordre de Saint-Stanislas de Russie.

L'ordre du jour appelle la communication de M. Hersent sur son voyage à Panama.

M. HERSENT décrit la traversée, l'arrivée à Colon, l'aspect général de l'isthme, la végétation qui le couvre, les ressources que l'on y rencontre.

Il parle ensuite du chemin de fer de Colon à Panama, dont il suit la ligne, en montrant combien la construction en est simple, l'exploitation élémentaire.

Passant au canal interocéanique, il en indique le tracé, il décrit l'état d'avancement des travaux, l'organisation du service, l'état sanitaire actuel; il fait enfin un résumé des commandes de matières déjà faites.

Il termine en racontant son séjour à New-York, au retour; il montre l'intensité de la vie dans cette grande ville dont la circulation est desservie par un métropolitain aérien. Il parle des grands travaux qu'il a visité et conclut en insistant sur la simplicité remarquable des solutions adoptées.

Cette communication sera insérée *in extenso* dans le *Bulletin* de juin.

M. LE PRÉSIDENT. Je remercie M. Hersent de sa communication si intéressante et présentée avec tant d'humour; la discussion relative au Métropolitain de Paris n'étant pas terminée, j'espère que M. Hersent voudra bien,

lorsqu'elle reviendra à l'ordre du jour, nous parler de nouveau utilement du Métropolitain de New-York.

M. LE PRÉSIDENT. Messieurs, l'ordre du jour appelle la continuation de la discussion sur les communications qui nous ont été présentées par M. Bouquet de la Grye sur « Paris port de mer, » et par M. de Coene sur la Seine fluviale et maritime.

M. EDMOND ROY a présenté, à la fin de la dernière séance, un mémoire qui sera reproduit *in extenso* dans le *Bulletin* de mai.

Dans ce mémoire, la question de Paris port de mer est envisagée principalement au point de vue économique. M. Roy estime que la remonte en Seine, des marchandises par navires, entre Rouen et Paris coûterait, en moyenne, 2 fr. 10 de plus par tonne que par la batellerie à vapeur, lorsque les travaux de canalisation actuellement en cours d'exécution seront terminés.

Relativement à la question du transit des marchandises provenant d'Amérique, en destination de la vallée du Rhin, en admettant que Paris devienne port de mer, il indique que les distances de Paris à Strasbourg, soit par canaux, soit par chemins de fer, sont encore plus grandes que celles d'Anvers à Strasbourg, et que, par suite, Paris port de mer ne pourrait enlever au port d'Anvers le transit des marchandises provenant d'Amérique en destination du centre-ouest de l'Allemagne.

Par ces motifs, il repousse le projet de Paris port de mer comme ne présentant aucun des avantages économiques que lui attribue l'auteur; et que Rouen est le seul port de mer rationnel pour les marchandises.

M. Le Brun, qui, pour cause de santé, ne peut assister à la séance, nous a envoyé de Vichy une note écrite résumant ce qu'il comptait nous dire; M. le Secrétaire donne lecture de cette note.

MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

L'étude de la communication de M. Bouquet de la Grye m'avait amené à conclure à l'impossibilité presque absolue de son projet, et à la conviction qu'on pouvait, sans rencontrer de grandes difficultés et avec une dépense modérée, amener les navires à 800 mètres des fortifications de Paris, au pont d'Asnières. J'avais demandé la parole pour développer ces deux ordres d'idées, mais M. Cotard dans la dernière séance a démontré combien un canal à niveau changerait le régime de la vallée de la Seine, quel imprévu se rencontrerait dans l'établissement d'un déversoir de 40 mètres de hauteur capable de débiter 4,000 mètres cubes à la seconde, quelle difficulté on aurait à construire des ponts-aqueducs avec une surcharge de 6 tonnes par mètre carré sans compter le poids propre de l'ouvrage. Il n'y a donc

pas lieu d'y revenir. Cependant M. Bouquet de la Grye a beaucoup insisté sur l'utilité de son projet au point de vue de la défense nationale, je n'aurais pas osé discuter moi-même cette question, aussi je me contente de rapporter la réponse qui m'a été faite par des officiers : « *Il est facile par des ouvrages soit fixes, soit de campagne, de mettre les écluses à l'abri d'un coup de main; mais, si l'ennemi était maître du cours de la Seine il s'opposerait aussi bien au passage de nos canonnières sur le canal à niveau que sur la Seine éclusée.* »

M. Cotard a conclu au maintien, au moins provisoire, du *statu quo*, c'est-à-dire de la Seine à 3 mètres de tirant d'eau, je pense le contraire et vous demande de résumer, aussi brièvement que possible dans une lettre, les considérations que j'aurais voulu développer devant la Société, si je n'étais retenu ici pour cause de santé.

Il a été démontré, avec trop d'autorité pour qu'il soit nécessaire de revenir sur ce sujet, que Paris, à la fois un des plus grands entrepôts du monde, centre de consommation et de production, deviendra un port de premier ordre dès qu'il sera accessible à la navigation maritime.

L'ouverture du Saint-Gothard, les efforts faits par le port d'Anvers et les ports italiens, nous montrent qu'il y a urgence pour notre pays à rechercher tous les moyens d'augmenter la production de la France et d'attirer le transit qui nous échappe. La création d'un port de mer à Paris répond merveilleusement à cette double nécessité.

Si l'on peut espérer voir Paris fréquenté par les navires de commerce, on ne peut compter que les paquebots à grande vitesse, porteurs des dépêches et des passagers, s'exposent à compromettre la régularité de leur service par les incertitudes d'une navigation fluviale : échouages, brouillards, crues, sécheresses, glaces. — Ils rechercheront toujours les ports avancés qui leur permettent de réduire la durée de leur traversée et resteront au Havre. On ne doit donc pas faire de sacrifices exagérés pour éviter un canal à biefs superposés et les quatre heures qu'exigera le passage des huit écluses projetées entre Rouen et Suresnes. Ce qu'il faut chercher avant tout c'est de permettre aux navires de naviguer sûrement, à grande vitesse, c'est de leur offrir dans le port des aménagements vastes, bien entendus, un outillage puissant, des moyens d'action rapides, une grande surface de bassins, un grand développement de quais, c'est de leur éviter des entraves gênantes, des formalités tracassières. Or, toutes ces conditions sont bien plus faciles à réaliser au moyen de la Seine éclusée que par un canal à niveau.

Le programme à remplir serait d'amener, dès à présent, des navires calant 6 mètres, et de se réserver la possibilité de porter le mouillage à 8 mètres, dès qu'il sera obtenu dans la partie maritime.

Tels qu'ils sont exécutés, les biefs assureront un tirant d'eau de $3^{m},20$, on voit donc qu'il suffit, pour obtenir la solution désirée, de draguer dans le lit un chenal de 3 mètres avec une largeur au plafond de 45 mètres, soit 150 mètres cubes par mètre courant en moyenne. — Il y aurait, il est vrai,

à construire de nouvelles écluses qui, en prévision des éventualités, devraient avoir un tirant d'eau de 8 mètres. — Dans les terrains difficiles, ces ouvrages pourraient être fondés par le procédé employé par M. Hersent, à Toulon, — il y aurait lieu, pour éviter l'encombrement, de maintenir les écluses actuelles que la navigation fluviale utiliserait. — Le cube par mètre courant étant peu élevé, on pourra trouver sur les berges, dans les bras morts, des emplacements pour le loger sans de trop grands frais. On pourra en déposer une partie sous forme de digues longitudinales qui permettraient de relever le plan d'eau de un mètre sans nouveaux dragages, il serait ainsi plus élevé que certains points bas de la vallée, mais les canaux de Hollande montrent qu'il n'y a pas de sérieux inconvénients, surtout si l'on prend soin de ménager en arrière des digues des collecteurs amenant les eaux de la vallée en aval des barrages; en tous cas le mouillage à 7 mètres n'est qu'une éventualité dont il n'y a pas à tenir compte au début.

En maintenant le plan d'eau du canal au niveau actuel de la Seine, on augmente la section mouillée, la largeur du fleuve dépassant 180 mètres, la batellerie pourra naviguer en dehors du chenal quelle laissera libre pour les grands navires. Dans ces conditions, ils pourront prendre une vitesse normale de 8 à 9 nœuds, tandis que dans la section réduite du canal à niveau, leur vitesse n'aurait guère pu dépasser celle du canal de Suez, soit 4 à 5 nœuds seulement. Les vapeurs regagneront ainsi et au delà le temps perdu aux écluses.

En limitant les dragages à 3 mètres, d'après les sondages qui vous ont été présentés, on ne remonterait guère que des argiles et des graviers, tout l'aléa du travail disparaît, on peut répondre et du prix de revient et du temps d'exécution.

M. Bouquet de la Grye pense que les vives eaux se feraient sentir jusqu'à Poissy, et qu'en morte eau le niveau resterait constant dans les environs d'Audé. — Mais alors il est à craindre que dans les syzygies la marée basse ne se fasse sentir au moins jusqu'aux Andelys, il sera donc avantageux d'avoir une écluse le plus près possible de Rouen, soit en aval de la coupure d'Oissel, pour que les navires soient entièrement libres de leurs mouvements dans toute la partie supérieure du fleuve.

Les avantages précédents sont déjà considérables, mais il y en a encore un plus concluant; avec le canal éclusé il n'y a pas lieu de s'arrêter à Poissy, le navires pourront continuer leur route jusqu'à Clichy, qu'ils atteindront au niveau actuel de la retenue de Bougival (23m,72); on aura ainsi créé entre Andresy et le pont d'Asnières un immense bassin de 200 mètres de large, de 40 kilomètres de long, accostable sur tout son parcours par ses deux rives, communiquant sans rien changer aux habitudes des riverains au régime actuel du fleuve, aux conditions d'exploitation des canaux et des chemins de fer avec l'Oise, le canal Saint-Denis, la partie supérieure de la Seine, les réseaux de l'Ouest et du Nord.

On vous a exposé la nécessité de la coupure d'Oissel et de la déviation du chemin de fer de Rouen; ces motifs subsistent aussi bien avec le canal

éclusé qu'avec le canal à niveau, il y a donc lieu de la maintenir. — Jusqu'à Maisons, le chenal maritime peut suivre sans inconvénient le cours de la Seine, mais là on rencontre de nouveau le chemin de fer de Rouen dont on ne peut songer à interrompre la circulation pour le passage des navires, on sera donc obligé de faire une seconde coupure entre Sartrouville et Bezons. — La coupure de Houilles, dont le cube sera d'environ 4,000,000 de mètres cubes, raccourcit le parcours de 13,500 mètres, évite une déviation des chemins de fer de Rouen, de Saint-Germain, et la modification de 7 ponts. Le coude de Saint-Germain, laissé de côté par la grande navigation, ne serait cependant pas abandonné par le commerce, il servirait de port à la navigation fluviale, et les riverains profiteraient, dans une large mesure, des avantages que donnera le chenal principal.

Le canal rencontrera sur son parcours plusieurs chemins de fer secondaires, le chemin de fer de Grande-Ceinture dans la forêt de Saint-Germain, la ligne d'Argenteuil, mais ces lignes, quel que soit leur trafic, n'ont pas une importance telle qu'elles ne puissent s'accommoder d'un pont tournant.

Avec le canal à écluses, l'exécution des ponts tournants n'offrira aucune difficulté, presque toujours on pourra exécuter la travée mobile sur l'une des rives, en laissant intacts les ponts actuels, la gêne qui en résulterait pour les riverains serait donc réduite au minimum.

Nous espérons avoir démontré qu'il est possible d'entreprendre la canalisation maritime de la Seine avec les moyens dont dispose l'industrie, sans avoir besoin d'innover, sans rien changer au régime du fleuve, aux habitudes des populations, que le travail est relativement facile, et peut être commencé de suite en utilisant ce qui a déjà été fait. Nous pensons cependant que l'exécution amènerait bien des solutions ingénieuses, mais qu'il est prématuré de se livrer à ce sujet à des conjectures plus ou moins séduisantes, bornons-nous à répéter ce qui a été dit au sujet de l'utilisation des 30,000 chevaux créés par les chutes de la Seine. On les appliquerait d'abord à la manœuvre des ponts tournants, des écluses, des engins du port, au remorquage, à l'éclairage du chenal dans lequel la circulation deviendrait possible aussi bien de nuit que de jour, — et il resterait encore un grand excédent de forces qui se trouverait tout naturellement réparti sur tout le cours du fleuve aux industries qui viendraient s'y créer pour profiter des facilités de toutes sortes qu'offrira cette magnifique voie de communication.

Il nous reste à évaluer ce que coûterait ce travail. Nous adopterons le chiffre de 3 francs comme prix moyen de dragage : comme on ne peut espérer amener les produits du dragage à leur emplacement définitif sans un remaniement, il faut maintenir ce prix qui peut paraître élevé pour ne pas avoir de déceptions.

Nous avons coté à un prix élevé tous les autres travaux, pour tenir compte, dans une très large mesure, de l'imprévu, aussi ce devis au lieu d'être un minimum, peut être considéré comme la limite supérieure des dépenses.

Achats de terrain.

Coupures de Houilles, d'Oissel, dérivation et divers : 300 hectares à 40,000 francs.	12,000,000 de fr.

Terrassements.

Coupure de Houilles,	4,000,000^{m3}	à 3 fr.	12,000,000
— d'Oissel,	2,500,000	à 3 fr.	7,500,000
Dragages en rivière,	25,925,000	à 3 fr.	77,775,000
			97,275,000

Modification des ponts.

Adjonction d'une travée mobile, dérivation, etc., 21 ponts à 500,000 francs.	10,500,000

Écluses.

8 écluses à tirant d'eau de 8 mètres, à 4,000,000 l'une	32,000,000
Détournement du chemin de fer de Rouen, à Oissel. .	20,000,000
Somme à valoir.	28,225,000
Total.	200,000,000 de fr.

Ce chiffre s'applique à l'établissement du chenal jusqu'au pont d'Asnières. Mais aussitôt creusé, le port se trouve établi dans des proportions colossales, disposant d'une longueur de berges de plus de 80 kilomètres entre Andresy et Clichy. Le commerce et l'industrie pourraient y adjoindre, au fur et à mesure du développement de ses besoins, des bassins, des docks, des appareils de radoub, des cales de construction, tout l'outillage maritime le plus large et le plus perfectionné, la presqu'île de Gennevilliers se prêtant au développement presque indéfini de ces établissements dans des conditions inespérées de bon marché, au centre de populations industrielles, en communication facile avec tous nos réseaux de canaux et de chemins de fer.

Si par comparaison nous essayons d'évaluer ce que coûterait le canal projeté par M. Bouquet de la Grye et le port placé à la Villette, nous arrivons à un chiffre formidable qui oscillerait entre 700 millions et un milliard. Les cubes qu'il a indiqués nous semblent bien faibles, et ses prix tout à fait insuffisants.

L'exécution de ce projet ne demanderait guère plus de quatre ans de travail effectif, les enquêtes une fois terminées, mais, pour cela, il faudrait que son exécution fût confiée, sur un cahier des charges établi très largement, à l'industrie privée qui, maîtresse de ses allures, affranchie pour les moyens à employer de toute entrave administrative, pourrait appliquer largement toutes les innovations sous sa responsabilité, pourrait, sans avoir

à compter avec toutes les exigences et les incertitudes du budget de l'État, disposer de ses capitaux pour pousser le travail au moment opportun, et l'outillerait aussi puissamment que le demanderait le délai fixé pour l'achèvement du travail.

En Angleterre, en Amérique, l'initiative individuelle a créé ces merveilleux ports auxquels les nôtres ne peuvent être comparés ni sous le rapport de l'économie et de la rapidité des manutentions, pas plus que sous celui des facilités qu'y trouve le commerce. A Paris, il y a assez d'hommes d'initiative, des capitaux assez puissants pour créer et utiliser le nouveau port, notre industrie fera mieux et plus vite chez elle, ce qu'elle a déjà si bien réussi à l'étranger.

Nous ne pouvons donc que nous associer aux vœux de MM. Bouquet de la Grye, de Coene, Vauthier, en demandant que les chambres de commerce du Havre, de Rouen, de Paris se réunissent pour hâter l'exécution de ce travail qui devient urgent, et aura pour le pays des résultats bien autrement considérables que l'achèvement du réseau de chemins de fer qui, malgré son importance, n'est cependant pas comparable à l'intérêt qu'il y aurait à faire de Paris port de mer un rival de Londres ou de Liverpool.

Veuillez agréer, Monsieur le Président, etc., etc. LE BRUN.

M. COTARD. Je dois tout d'abord remercier M. Bouquet de la Grye de l'obligeance avec laquelle il a bien voulu répondre aux différentes objections que j'ai faites à son projet. Je lui demande de nouveau la permission de reprendre l'examen des principaux points en discussion.

J'avais exprimé le regret que M. Bouquet de la Grye n'eût point présenté, parallèlement à la solution qu'il propose, le projet autrefois étudié par l'ingénieur Frimot. M. Bouquet de la Grye semble n'avoir retenu de ce projet que la critique, qui s'y trouve jointe, du système d'un canal latéral. Cette solution n'est point ici en cause. Ce qu'il convient de comparer ce sont les deux solutions proposées : l'une qui relève le niveau des eaux au moyen de dix barrages à établir, de distance en distance, dans le lit de la Seine; l'autre qui, au contraire, abaisse le niveau des eaux et rassemble toutes les écluses en un seul point. L'écart de près de cent millions de francs dans l'évaluation du coût des deux projets rendait nécessaire, au seul point de vue de la dépense, la mise en regard des deux solutions.

En ce qui concerne le classement des cours d'eau en trois catégories, M. Bouquet de la Grye répond qu'il a entendu parler surtout de la partie maritime des fleuves. Sans nous arrêter ici à cette distinction entre l'action des courants fluviaux continus et celle des mouvements alternatifs des marées, nous devons nous demander où il convient, pour la Seine, de séparer ces deux régimes fluvial et maritime. Or, je persiste à penser que le régime maritime ne saurait être étendu jusqu'à Poissy.

Le régime nouveau qui s'établira dans le chenal approfondi sera, en effet, éminemment fluvial; il s'y produira des crues d'une grande amplitude et des courants peut-être plus grands que ceux actuels.

M. Bouquet de la Grye dit que « l'érosion sera moindre qu'elle ne l'est actuellement puisque, la section augmentant, la vitesse diminue.

Je crois qu'il y a là une erreur.

Il est bien certain que si l'on approfondit le lit d'une rivière dans un certain parcours, la section augmentant, la vitesse diminuera en ce point. Mais l'effet sera tout autre si l'approfondissement a lieu dans toute l'étendue du cours d'eau. Car les eaux, au lieu de s'étendre en grandes surfaces pendant les crues, se trouveront, par leur abaissement de niveau, limitées entre les berges du chenal approfondi.

Pour étudier le régime nouveau qui s'établira dans un tel chenal creusé dans la Seine, il serait imprudent de ne pas avoir en vue les crues exceptionnelles; car il en suffit d'une pour apporter de grands dommages. Si nous nous en tenons cependant aux crues d'un débit de 1,500 mètres, la vitesse de 1m,50, indiquée par M. Bouquet de la Grye, exigera une section mouillée de 1,000 mètres; ce qui correspond, pour la section proposée du canal, à une profondeur d'eau de 13 à 14 mètres, soit à une crue de 7 à 8 mètres. Il faut que ce débit puisse s'effectuer en un point quelconque du parcours, ce qui exige une certaine pente. En faisant le calcul, on trouve qu'un gonflement considérable sera nécessaire à l'origine du chenal pour faire passer ce débit de 1,500 mètres. Notons, en outre, que dans le mouvement d'une telle masse d'eau tous ces filets liquides seront loin d'avoir les mêmes vitesses, et que des vitesses bien supérieures à la vitesse moyenne prévue ne manqueront pas de se produire. Ces seules indications suffisent pour montrer à quelles érosions seront exposées les berges du chenal dont la partie inférieure seulement est comprise dans un terrain calcaire résistant.

Les avantages, d'ailleurs bien contestables, que croit trouver M. Bouquet de la Grye dans le groupement des écluses en un seul point ne semblent pas de nature à compenser de tels inconvénients.

Je renouvellerai enfin mes diverses questions relatives au mode d'exécution et à l'évaluation des travaux. L'emploi de couloirs ne sera pas très aisé avec un niveau aussi variable et des berges d'une grande hauteur.

On se demande ce que coûteront les énormes ponts-aqueducs à établir pour une charge d'eau de 8 tonnes par mètre carré. L'auteur prévoit que 15 millions de mètres cubes de déblais seront transportés jusqu'à Gennevilliers. Il faudra monter ces déblais sur les berges, les transporter en wagons à une distance d'une quinzaine de kilomètres, les décharger et en faire l'emploi; il y a là une bien grosse dépense que l'on a quelque peine à supposer comprise dans les 84 millions prévus pour les écluses, le déversoir et tous les ouvrages situés en amont de Poissy. On peut regretter que l'ingénieur des ponts et chaussées auquel M. Bouquet de la Grye s'en est rapporté, pour cette partie de son projet, ne soit pas venu lui-même expliquer ses évaluations.

Telles sont, parmi les principales objections que j'ai présentées à la dernière séance, celles sur lesquelles j'ai cru utile de revenir; je serai

reconnaissant à M. Bouquet de la Grye des nouveaux éclaircissements qu'il voudra bien nous donner.

M. le Président. M. Bouquet de la Grye a la parole.

M. Bouquet de la Grye. Messieurs, j'ai apporté quelques chiffres, qui donneront, je l'espère, toute satisfaction à M. Cotard.

Les profils que je mets sous vos yeux, sont les premiers qui ont été tracés, lorsque je me proposais de rechercher s'il était possible de déposer dans le lit même du fleuve les déblais de chaque section, en conservant de chaque côté du canal les pentes de 1 de hauteur sur 2 de base pour les sables et graviers.

Le cube de 15 millions, destiné aux berges du canal supérieur devait être alors pris presque en entier dans le port inférieur de Poissy. Dans cette manière de disposer des déblais, les bras secondaires de la Seine étaient remblayés à la hauteur des digues.

Voici les surfaces des sections comparées à celles antérieures :

	Dans la craie.	Au-dessous du lit.	Entre les rives.	Section actuelle entre les rives.
Kil. 79	468^{m2}	732^{m2}	1,467^{m2}	1,110^{m2}
84	457	777	1,521	1,500
92	484	770	1,280	1,200
110	348	680	1,538	1,530

Ainsi, dans chacun de ces points, la section entre les rives, celle afférente aux inondations, devenait plus grande qu'elle l'était antérieurement.

Au kilomètre 110, on pouvait abaisser les talus jusqu'à 1 sur 10, toute difficulté avait disparu.

Dans le projet définitif, ces chiffres seront quelque peu modifiés, en ce sens que la forme adoptée pour le port inférieur de Poissy, demande moins de déblais, et aussi parce que l'intérêt de l'État ou de la compagnie qui exécutera le travail, sera d'augmenter les terrassements de la plaine de Gennevilliers.

Les sections entre rives seront portées au kilomètre 79 à 1,650 mètres carrés et elles iront en augmentant vers l'aval. L'augmentation de prix sera compensée par la valeur des terrains remblayés.

Comme disposition générale, le profil que j'ai apporté montre qu'il a été réservé deux banquettes de 1 mètre de large, l'une sur le calcaire, l'autre au niveau du lit actuel du fleuve, et que les remblais sont recouverts avec les derniers matériaux calcaires extraits par les dragues. Dans ces conditions l'érosion par le fait des courants me semble inadmissible.

Je dois dire à ce sujet, que dans la Charente où les courants lors des marées de syzygies à coefficient 100 (et ce ne sont point les plus grandes) atteignent en flot des vitesses de 1^{m},95 par seconde, on n'a point d'érosion sur les bords du fleuve, quoique les rives n'aient aucune protection. C'est que, lorsque l'eau est chargée de vase en suspension, l'érosion se fait diffi-

cilement, et M. Cotard en se promenant sur les berges de la Seine, verrait qu'elles se maintiennent sous une forte pente, quoique non protégées.

Les deux ingénieurs, qui ont pris la parole avant moi, ont beaucoup parlé de M. Frimot; j'estime comme eux, que son projet est très étudié et certainement avec la grande commission de 1825, qui avait donné la première des bases exactes à tout travail, c'est lui que l'on doit consulter avec le plus de fruit; mais son projet donne un canal à écluses, qui, par cela même, offre des inconvénients de toutes sortes, et j'ai renoncé à marcher dans cette voie, lorsque j'ai vu qu'il était possible d'arriver à une solution plus simple.

Au point de vue de la défense du pays et du ravitaillement de la place de Paris, je ne crois pas que l'on puisse admettre un canal éclusé, à moins de défendre chaque écluse par un fort, et, s'il y en a cinq, ce seraient cinq places, coûtant probablement 10 millions chaque, ce qui, augmenté du prix de cinq écluses et de cinq barrages, arriverait presque à la dépense nécessaire pour avoir un canal à niveau.

Dans la note qui vous a été lue en premier lieu, on vous dit que les prix portés dans mes devis sont trop faibles, et on inscrit 3 francs pour déblai de sable et gravier, au lieu de 1 fr. 50, puis on triple mon devis total.

M. Hersent vient de se charger de répondre à cette allégation.

Il vous a dit, que les prix consentis à Panama pour le déblai de six millions de mètres cubes, par la maison Huern, sont de 1 fr. 50; ce chiffre admis comme acceptable à Panama dans les conditions de climat et d'absence de tous moyens, qui viennent d'être indiqués, permet de comprendre qu'un entrepreneur nous ait envoyé une proposition à 80 centimes pour le dragage du sable et du gravier.

Messieurs, la ville de Glascow était loin de la mer, la Clyde n'avait pas de profondeur, la municipalité n'a point essayé de faire un canal éclusé, elle s'est mise bravement à l'œuvre et après avoir dépensé 130 millions de francs en dragages, elle est entrée en possession d'une voie ouverte aux plus grands navires.

Vous ne pouvez repousser cet exemple, pas plus que celui de nos villes de Bordeaux, de Nantes, de Rouen, qui ont grandi parce qu'elles étaient dans la zone des marées, et faut-il donc croire, avec l'ingénieur belge, M. Finet, que, par suite de la légèreté de notre caractère, nous sommes incapables de pousser à bonne fin le projet de faire de Paris un port de mer. *Anvers*, dit-il, *n'a pas à s'émouvoir de cette éventualité toute avantageuse et réalisable qu'elle soit.*

Tout à l'heure, il vous a été dit que chaque écluse n'entraînait qu'un retard d'une demi-heure; ce chiffre doit être doublé, lorsque les écluses sont isolées, d'après l'avis de la commission d'inspecteurs généraux réunis l'an dernier, et en dehors de toute autre considération, ce retard allant de cinq à huit heures de jour, suivant le nombre des écluses suffirait pour le faire écarter.

En ce qui concerne le projet de la section comprise entre Poissy et Paris,

projet que j'ai accepté parce que l'ingénieur qui l'a dressé mérite toute confiance, et, à l'exécution, on verra que ses devis ne seront pas dépassés, je répéterai que les ponts-canaux y sont d'un type très inférieur comme dimensions à celui accepté pour le canal Transgascon, et qu'ils ont la même hauteur d'eau que ceux du canal Calédonien.

Tout à l'heure on a parlé d'un canal à écluses arrivant jusqu'à Asnières et coupant non seulement, comme nous le faisons, la boucle d'Oissel, mais la presqu'île d'Argenteuil dont la cote au Nord du chemin de fer est de + 40 mètres, c'est-à-dire à 20 mètres au-dessus du niveau de la Seine. — Les difficultés seraient ici de l'ordre de celles que nous avons à surmonter et ce tracé à niveau dans la banlieue de Paris, aurait pour grave inconvénient d'y couper toutes les voies de communication, ce qui nous paraît inadmissible.

M. Cotard. Ma question portait sur les variations de niveau et sur les vitesses qui pourront être plus grandes dans le chenal qu'elles ne le sont dans le lit actuel de la Seine.

M. Bouquet de la Grye. Je ne puis avoir dit que l'étiage se maintiendrait puisque j'ai cité que la crue de 1658 ne dépasserait pas le niveau actuel des berges avec une surélévation de 15 mètres [1].

Voici du reste les chiffres des débits et des hauteurs d'eau au kilomètre 79; en admettant la section qui a été mise sous vos yeux.

Hauteur de la crue.	Vitesse par seconde.	Débit.
+ 2m,8	0m,93	443m3.
+ 6m,8	1m,30	952m3.
+ 14m,8	2m,08	3.060m3.

Ce dernier débit, qui atteindrait le niveau des berges, est supérieur à celui de la grande inondation [2].

Dans le projet définitif, on sera encore dans de meilleures conditions.

M. le Président. Alors vous êtes d'accord.

M. Cotard. Les variations de niveau seront plus grandes et les vitesses pourront, dans certains cas, être plus grandes.

M. Hamers. Les vitesses moyennes.

M. Bouquet de la Grye. Oui, il s'agit de vitesses moyennes, je ne pense pas, *à priori*, que l'on ait à la fois plus grande surélévation et plus grande vitesse, car la pente est moindre, c'est un calcul à faire.

1. Il y a dans le rapport (p. 74, lig. 27) une erreur typographique, on doit lire : *plan d'eau* au lieu de *plafond;* la phrase même indique cette correction, puisque les berge sont à 15 mètres au-dessus du plan d'eau.

2. En tenant compte de la surélévation provoquée par les coudes du fleuve, ce dernier débit correspondrait à une crue de 15m,65, c'est-à-dire atteindra la cote de + 0,47.2 En 1658, pour un débit moindre de 1/6, les eaux atteignirent la cote de + 26,21.

M. LE PRÉSIDENT. Vous dites avoir calculé au kilomètre 79, la vitesse correspondant à un débit de 3.060^{m3} quelle est-elle?

M. BOUQUET DE LA GRYE. 2^{m},08. J'ai vu dans la Loire des vitesses de 2^{m},5 qui n'entravaient pas la navigation; dans le Morbihan on est obligé quelquefois de refouler des vitesses de 4 mètres par seconde.

Je crois avoir avoir répondu aux objections présentées par mes honorables contradicteurs, et je les remercie d'avoir dit que la question de Paris port de mer s'imposait, je n'ai rien à désirer de plus pour l'instant.

M. LE PRÉSIDENT. La parole est à M. Vauthier.

M. VAUTHIER. Messieurs, je n'ai pas besoin de vous dire que j'aborde cette discussion avec le plus profond sentiment de déférence pour l'auteur du projet dont il s'agit. Cette déférence ne résulte pas seulement du mérite de cet auteur, mais aussi de cette circonstance que le projet dont il s'agit a un caractère grandiose et serait, s'il était réalisé, une des plus belles et plus utiles œuvres qu'il y ait au monde. Amener les navires de mer à Paris, ce serait le plus grand service qu'on pût rendre à la France! C'est donc avec un respect profondément senti que j'énoncerai quelques critiques. Mais, pour le dire avec toute franchise, ces critiques me paraissent graves et je partage à peu près toutes les idées émises par M. Cotard.

Je ne vais pas cependant reprendre le chemin que M. Cotard a suivi; mais je vais présenter, sous forme d'objections auxquelles répondra peut-être M. Bouquet de la Grye, quelques autres observations relatives à sa conception.

Il y a, dans le projet que nous discutons, deux parties bien distinctes : dans la partie inférieure, M. Bouquet de la Grye a l'intention de creuser le lit de la Seine et d'en faire, jusqu'à Poissy, comme un prolongement de la Seine maritime, tel que dans les vives eaux les oscillations de la marée puissent se faire sentir jusque-là. C'est là sa première section.

La seconde section, celle qui s'étend de Poissy à Paris, est entièrement différente. Là, nous sortons du régime maritime, et nous n'avons plus qu'un canal d'eau douce qui devra être alimenté avec de l'eau surélevée, et dont le plan d'eau au lieu d'être situé à l'altitude de 27 mètres, comme doit l'être le bief de Paris, soutenu par le barrage de Suresnes, atteindra l'ordonnée de 40 mètres; suivant l'auteur et même suivant moi, celle de 43 mètres, si l'on veut satisfaire aux conditions posées par M. Bouquet de la Grye, relativement à la hauteur du plafond du canal au-dessus du sol naturel. Ainsi quand, à Paris, une fois la Seine canalisée, on pourra faire soit dans la plaine Saint-Denis, soit à Grenelle, soit ailleurs, un port fluvial élevé de 27 mètres au-dessus du niveau moyen de la mer à Rouen, le port maritime qu'on nous propose serait élevé de 43 mètres au-dessus du même niveau, soit 16 mètres en contre-haut du port fluvial.

Je reviendrai tout à l'heure là-dessus. Mais je vais d'abord parler de la première section.

Là, il y a un premier point de fait sur lequel je ne suis pas tout à fait d'accord avec M. Bouquet de la Grye. Il a donné le chiffre de 150 mètres pour le débit d'étiage de la Seine. Or, d'après des renseignements dus aux ingénieurs actuels de la navigation de la Seine, le débit d'étiage serait à Mantes de 65 mètres cubes, et de 88 mètres cubes à Saint-Aubin, premier barrage de la Seine fluviale à partir de Rouen. Ce sont là des chiffres officiels que je possède depuis deux ou trois ans, que je dois à l'obligeance de M. de Lagrené, ingénieur en chef de la section s'étendant de Mantes jusqu'à Rouen, et que je considère comme absolument certains. Ces chiffres donnent une moyenne de $76^{m},50$, et je prends 75 mètres pour avoir un nombre rond.

Cette rectification change notablement la pente suivant laquelle il faudrait régler le fond du canal. A partir d'Andé, M. de la Grye compte une pente totale de $2^{m},82$. On en aurait plus qu'une de $0^{m},53$. Il faudrait s'approfondir de $2^{m},30$ environ de plus que l'auteur du projet ne suppose. Cet approfondissement n'est pas impossible, mais il augmente la dépense. Et je crois que, pour réaliser le projet de M. Bouquet de la Grye, il ne faudrait pas spéculer sur un autre état des eaux que celui de l'étiage. Je tiens à la disposition de M. Bouquet de la Grye les chiffres qui m'ont été donnés :

65 mètres à Mantes ;

88 mètres à Saint-Aubin.

Je ne crois pas qu'ils puissent être contestés.

M. Bouquet de la Grye. Je les ai eus.

M. Vauthier. Je ne veux pas du reste insister outre mesure sur cette observation. Il ne s'agit pas ici d'une question de principe. C'est une question de déblais plus ou moins forts, ce qui a bien son importance, mais n'est pas un obstacle radical.

Un autre point plus essentiel est le suivant :

M. Bouquet de la Grye conçoit son canal, jusqu'à Poissy, comme creusé dans le lit de la Seine ; c'est là le parti qu'il a adopté. Sauf la coupure d'Oissel, dans laquelle il s'écarte de la rivière, dans le reste du trajet le canal est creusé dans le lit actuel et ne sert pas seulement pour la navigation, mais aussi pour l'écoulement des crues.

De là me paraissent naître plusieurs difficultés.

En premier lieu, je partage l'avis de M. Cotard, c'est qu'il est infaillible que, par les grandes eaux, les érosions continuent à se produire. Les eaux d'amont arrivent chargées de matériaux ; dans l'étendue du canal il s'y en ajoutera d'autres. Ces matériaux ne seront pas tous entraînés. Ils se déposeront sur le fond suivant les lois des lits sinueux ; et, après une crue, nous n'aurons plus un plafond réglé, comme le suppose l'auteur du projet, suivant un profil rectiligne ; mais un thalweg déformé par des atterrissements, j'admet que, dans l'espèce, comme cas particulier favorable, les eaux en s'abaissant tendront à régulariser la section du canal ; mais elles

ne le nettoieront pas à vif et elles perdront pour cela de leur puissance justement au moment où les seuils qui se seront fermés constitueront pour la navigation des obstacles de plus en plus graves. Un canal artificiel servant de lit aux crues participe forcément aux phénomènes qui affectent le lit de tous les cours d'eau à débit très variable, et c'est une illusion que d'espérer le maintenir dressé suivant la pente et les sections qui lui ont été primitivement données.

Voilà une première objection; mais ce n'est pas la plus forte. Celle que je considère comme insurmontable, à moins qu'on n'y pare par les moyens que j'indiquerai, c'est celle qui résulte des énormes oscillations du niveau de l'eau à Poissy, sous l'influence des variations du débit de la Seine.

Nous sommes arrivés à Poissy, avec une hauteur de plafond d'environ 24 mètres au-dessus du terrain, même en négligeant les 2 mètres en plus résultant de mes observations sur le débit d'étiage; il y a 6 mètres d'eau. Nous voilà donc avec un plan d'eau situé, à l'étiage, à 18 mètres en contre-bas des rives de la Seine. Qu'est-ce qui va se passer lorsque les eaux grossiront et qu'il arrivera une crue? Il est évident qu'il faut pour l'écoulement que le niveau dans le canal s'élève. Nous avons donc à Poissy un port qui, sous l'influence des débits variables de la rivière, sera soumis à des différences de niveau incessantes. Ce ne serait rien ou peu de chose si ces oscillations étaient modérées. Mais elles seront extrêmement fortes. M. de la Grye nous dit lui-même que pour une crue de 2,500 mètres nous aurons une surélévation de 9 mètres au-dessus du plan d'eau d'étiage, soit 15 mètres au-dessus du fond. Quelles sont les données qui ont conduit à ce chiffre de 9 mètres? Je l'ignore. Ainsi que je vais le dire tout à l'heure, je crois que l'oscillation serait beaucoup plus considérable. Mais arrêtons-nous-y pour le moment. Comment disposer un port, dont le plan d'eau est soumis à des variations aussi fortes, pour les manutentions commerciales? Il faudra évidemment ou élever au-dessus des plus hautes eaux toutes les installations nécessaires pour le chargement, le déchargement et le stationnement des marchandises, ou recourir aux procédés que l'on emploie là où les marées présentent des oscillations considérables; c'est-à-dire qu'il faudra latéralement au canal établir des bassins à niveau fixe. Le niveau de ces bassins pourra être déterminé de telle ou telle façon. Mais de quelque manière qu'il le soit, à quelque hauteur que soient placés les bassins, il faudrait, suivant l'état sans cesse oscillant des eaux dans le canal, monter ou descendre pour y arriver; ce qui dénature complètement le système conçu par l'auteur, et lui fait perdre le principal avantage qu'il a voulu réaliser: celui de faire arriver les marchandises à Poissy, sans monter ni descendre. Nautiquement les navires de mer pourront bien venir stationner à Poissy dans ces conditions; mais, commercialement, ils ne pourront y accomplir leurs fonctions de chargement et de déchargement sans descendre et sans monter dans un bassin.

Maintenant, la surélévation de 9 mètres est-elle bien la limite extrême

sur laquelle nous puissions nous appuyer? J'ai essayé de m'en rendre compte, non pas en me servant des sections nouvelles que M. de la Grye nous a portées ce soir, mais en prenant pour base la section du canal telle qu'elle est indiquée dans la communication faite à la Société et dans le travail de M. Bouquet de la Grye, c'est-à-dire une section de 45 mètres au plafond avec talus à 2 de base pour 1 de hauteur. Dans ces conditions, en supposant la hauteur de 15 mètres au-dessus du plafond que nous donne M. de la Grye, nous avons une section mouillée de 1,125 mètres; ce qui, pour un débit de 2,500 mètres, conduit à une vitesse de 2m,20. Si l'écoulement avait lieu dans un canal uniforme ainsi réglé, combien faudrait-il de pente pour que le débit s'effectuât? Il faudrait 20 mètres, depuis Poissy jusqu'à Andé. Avec la pente qui existe entre les deux points d'après l'auteur de la communication, le canal uniforme que j'ai supposé ne débiterait que 900 mètres cubes. Pour ces calculs, j'ai pris les formules de Prony et d'Eytelwein, dont s'est servi M. Bouquet de la Grye lui-même et que je considère, pour un cas de ce genre, comme tout aussi bonnes que les formules plus récentes. Je sais bien que ce cas-là n'est pas celui que veut réaliser l'auteur. Il établit son canal dans le lit de la Seine, il laisse subsister ce lit avec toute sa largeur, et c'est sur ce supplément de débouché qu'il compte pour l'écoulement des crues. Mais justement aujourd'hui voici qu'il change cette disposition par les profils qu'il met sous les yeux de la réunion. Le canal, dans la hauteur de la craie, est à peine évasé, et, au-dessus de la craie, le lit de la Seine est remblayé avec des talus très adoucis. Dans ces conditions les sections qui ont servi de base à mes calculs seraient plutôt réduites qu'amplifiées, et toutes les conséquences que j'en fais ressortir seraient aggravées. Il n'est pas douteux pour moi que, pour l'écoulement des crues, il faut ajouter à la section du canal tout le lit de la Seine. Mais, jusqu'au kilomètre 145 au moins, si ce n'est pour les très fortes crues, cette augmentation de débouché ne sera pas très efficace, et, pour l'élévation de 9 mètres à Poissy, le débit de 900 à 1,000 mètres cubes que j'ai déduit de mes calculs ne sera pas dépassé, s'il est atteint.

De telle sorte que les oscillations de 9 mètres à Poissy ne seront pas une limite extrême, mais un événement fréquent. Il y a là des calculs plus précis à faire; je le reconnais. Mais je ne pense pas qu'il soit possible d'admettre que, dans un lit mineur aussi parfaitement encaissé au-dessous du lit actuel, qui ne deviendra lit majeur que pour des débits considérables, il soit possible de faire écouler les eaux sans oscillations incessantes et considérables à l'amont.

Ainsi, cette première section, quelque ingénieuse qu'en soit la conception, pèche, suivant moi, par trois points. Le premier est le moindre, c'est que le plafond est réglé sous une pente trop forte; le second, c'est que le plafond, loin d'être maintenu curé à vif, sera envahi par des graviers et des sables et profondément déformé; le troisième, enfin, qu'il y aura, dans le port de Poissy, des oscillations incessantes et considérables, qui empêchent

de considérer le chargement et le déchargement à quai comme pratiquement admissible. Même en s'en tenant au chiffre de 9 mètres donné par l'auteur, il n'est pas possible d'avoir un établissement maritime commercialement sérieux avec un plan d'eau variant dans ces proportions, à des intervalles irréguliers, indéterminables et assez fréquents.

Il y a quelques exemples de ports maritimes dans lesquels se produisent des oscillations de marée de 9 mètres. Liverpool est dans ce cas. Eh bien, les quais plongeant dans la Mersey, ne servent en aucune façon au mouvement commercial. Le mouvement des marchandises s'accomplit sans aucune exception dans des *docks* fermés, suivant l'expression anglaise, c'est-à-dire dans des bassins à flot où le plan d'eau reste fixe, ou à peu près. Mais, quant aux quais de la Mersey, je le répète, ils ne servent en aucune façon à l'embarquement ou au débarquement des marchandises. Et même pour l'embarquement des personnes, on a dû établir, sur le fleuve, en avant des quais fixes, un immense quai flottant qui monte et descend avec la marée, et auquel on accède par de longues passerelles qui s'inclinent plus ou moins suivant l'état des eaux; c'est très commode pour les personnes, mais pas le moins du monde utilisé pour les manutentions commerciales.

A Poissy, on serait dans des conditions aussi fâcheuses, pour les communications avec le plan d'eau. J'ajouterai même que les marées sont connues d'avance; bien que fréquentes, elles ont une périodicité bien connue, tandis que les mouvements de l'eau douce n'en ont aucune. Les crues d'un certain volume peuvent ne venir que trois ou quatre fois par année, mais il faut les prévoir, s'y préparer et organiser en conséquence les quais, les lieux de dépôt, les magasins, les abris; en un mot tout l'outillage commercial.

C'est, en ce qui concerne le port de Poissy, ma principale objection. Et pour parer à cet inconvénient, il n'y aurait qu'un moyen, comme je l'ai dit; ce serait de faire, latéralement au port en rivière, des bassins à flot qui remédieraient au mal, mais dénatureraient complètement le système et lui enlèverait presque entièrement les avantages poursuivis par l'auteur.

Ce sont là de gros points, comme vous voyez Messieurs. Je ne veux pas rechercher les petites choses, et les objections de détail.

La conception d'un canal maritime destiné à faire arriver la mer à peu près à niveau jusqu'à Poissy et servant en même temps à l'écoulement des crues, ne me paraît pas une conception juste. C'est mon sentiment très arrêté. Je considère que l'auteur, en essayant de résoudre le problème, a fait peut-être un travail utile pour d'autres cas, mais qu'il n'a pas résolu le problème pour la Seine.

Maintenant, quant à la seconde section, je ne m'y étendrai pas beaucoup. Il est parlé d'un plan d'eau à une altitude de 40 mètres. Cette altitude est faible. En suivant la coupe du terrain, *grosso modo*, sans descendre dans les détails, on trouve dans la forêt de Saint-Germain entre Poissy et Maisons-Laffitte, la courbe de 32 mètres; entre Maisons-Laffitte et Bezons, on

trouve 36 mètres ; enfin, dans la plaine de Gennevilliers, on trouve 30 mètres. Il faut, dit M. de la Grye, que le plafond du canal soit à 7 mètres au-dessus du terrain pour que l'on puisse franchir facilement les voies rencontrées. En se rapportant seulement à l'altitude la plus faible, celle de 30 mètres de la plaine de Gennevilliers, si l'on ajoute aux 7 mètres d'élévation en contre-haut du terrain, les 6 mètres de hauteur du plan d'eau, on obtient 43 mètres au lieu de 40. Ce n'est pas une grosse affaire, c'est encore moins une question de principe, mais c'en est une de dépenses, et avant de se prononcer sur un projet de cette nature, avant de le déclarer pratique, il faudrait une évaluation, sinon détaillée, du moins parfaitement raisonnée des dépenses à prévoir. Ces dépenses seront énormes. Il me semble que dans les quelques paroles qu'il a prononcées récemment, M. Bouquet de la Grye a indiqué le chiffre de cinq millions le kilomètre. Je ne veux rien dire de ce chiffre. Mais il représente tout au plus, à mon sens, une fraction de ce qu'il y aura à dépenser pour porter un canal de navigation de largeur considérable, terminé par un port spacieux à 7 mètres au moins de hauteur au-dessus du terrain compliqué à traverser.

La dépense sera certainement beaucoup plus considérable. Dans tous les cas, pour pouvoir apprécier cette partie du projet, il faudrait des devis dressés avec une certaine précision, et cela nous manque. En résumé, quelque belle que fût l'entreprise si elle était realisée, on se demande si vraiment la conception d'ensemble est bien défendable.

Dans cette conception le port de Poissy serait le port de transbordement des navires de mer à la batellerie fluviale, pour toutes les marchandises n'ayant pas Paris pour destination. Mais, cela étant, y a t-il donc un si énorme avantage à arriver jusque-là pour opérer un transbordement, forcé dans tous les cas, au lieu de l'effectuer une centaine de kilomètres plus bas en un autre point auquel va aboutir à bref délai une voie fluviale magnifique, presque aussi économique que la pseudo voie maritime proposée.

Quant à la section supérieure venant de Poissy à Paris, je ne me dissimule pas le prestige qu'exerce l'idée d'amener à Paris même des navires de mer, dût-on les y voit flotter à 15 à 20 mètres au-dessus du niveau de la Seine. Mais demandons-nous si, économiquement parlant, l'énorme dépense à faire se justifierait par le trafic de Paris lui-même. On a parlé de quatre millions de tonnes. Le chiffre me paraît fort. Mais fût-il réel, remarquons bien que la section dont il s'agit ne ferait parcourir à ces marchandises que 15 à 20 kilomètres.

Voilà les objections que je voulais présenter. Elles concordent sur plusieurs points avec celles de M. Cotard en y ajoutant un élément nouveau : ce qui se rapporte aux difficultés d'établissement et d'exploitation du port de Poissy. Je soumets spécialement cette objection à M. Bouquet de la Grye, et je suis prêt à répondre aux observations qu'il pourra faire.

Je n'ai qu'un mot à ajouter pour une observation qui se rattache à un ingénieur dont on a beaucoup parlé, à propos de la question qui nous occupe : cet ingénieur est M. Frimot. J'ai eu l'honneur de le connaître dans

ma jeunesse. La seule observation que je demande à ajouter à celles faites en son honneur, c'est que la conception de M. Frimot, relative aux barrages de la Seine était identique, dans son principe, à ce qu'on veut faire aujourd'hui, pour les retenues de grande hauteur, au moyen des barrages à fermettes manœuvrées à partir d'un pont supérieur traversant le fleuve, suivant l'idée de MM. Méresse et Rondepierre.

L'idée de M. Frimot était absolument celle-là. Seulement, comme alors les constructions métalliques étaient peu employées, il projetait, au lieu de ponts à très grandes portées, des ponts à piles rapprochées entre lesquelles il établissait un système de vannes amovibles.

M. Bouquet de la Grye. En ce qui concerne M. Frimot, on a dit dans une autre réunion que j'avais trop insisté sur les premiers projets; en tout cas je rends justice à celui de M. Frimot, qui est un ingénieur d'un grand mérite et qui a présenté un projet très bien étudié.

Maintenant, l'objection la plus importante de M. Vauthier est celle qui a trait à une crue de 9 mètres; seulement les objections qu'il vient de présenter s'appliquent également à Paris. Si on considère qu'en 1658 les eaux sont montées jusque dans les appartements de l'hôtel de ville et si, en raison de ce fait, on vient dire aux habitants de Bercy : Ne restez pas là, vous serez tous noyés. Ils répondraient : Mais, il y a deux cents ans que cette hauteur maxima est arrivée, et, depuis ce temps-là le terrain a eu le temps de sécher.

Il y aura donc des incertitudes de 4 à 5 mètres, et l'embarquement ou le débarquement se feront avec une différence de 4 ou 5 mètres. Doit-on s'arrêter devant cette différence?

A Cherbourg, elle est tous les jours de 6 mètres; à Brest, de 7 mètres; à Saint-Nazaire (j'ai tort de parler de Saint-Nazaire, parce que la jetée est construite de telle de sorte qu'on ne peut rien y débarquer à basse mer), mais aux Sables, on débarque; à Rochefort, où il n'y a pas de bassin, on débarque avec une différence de 5 à 6 mètres. Il vaudrait certainement mieux avoir à Poissy un canal plus large. — Si au lieu de 45 mètres, j'avais 60 mètres de largeur, la section eût augmenté, et, par là, la hauteur eût été moins grande, mais la dépense aurait aussi augmenté. J'ai cherché le minimum de dépense pour arriver à rendre le projet réalisable.

Maintenant M. Vauthier a parlé de la hauteur de 40 mètres donnée au plan d'eau amont; il trouve qu'il en faudra 43. Il est certain qu'on pourra arriver au résultat désiré, en abaissant de $1^{m},50$ ou 2 mètres quelques chemins, quelques routes ou chemins de fer; je crois que ce n'est pas une difficulté, et ce n'est pas une raison pour surélever de 3 mètres le plan d'eau. Dans des points voisins, on a fait passer le chemin de fer en tranchées, en l'abaissant de 3 mètres, personne ne s'est plaint. On fera la même chose ici.

Je croyais la question de section épuisée. Mais, dans mon for intérieur, je suis convaincu que ce n'est pas 15 millions de mètres cubes qu'il faudra

porter dans la plaine de Gennevilliers, je crois qu'il en faudra 20 ou 25 millions. Tout le monde voudra avoir du terrain dans le voisinage du port, et par conséquent, on aura le dragage à un prix excessivement bas. On élargira ainsi les talus, et alors on aura une section très suffisante.

M. LE PRÉSIDENT. Quelle est la différence de cube de l'étiage?

M. BOUQUET DE LA GRYE. J'ai cherché, à l'École des ponts et chaussées, à avoir le chiffre le plus probable, je n'ai rien pu obtenir de bien précis; on donne pour Paris, 30 mètres, 45 mètres, 75 mètres. — En aval de Poissy cela devient de plus en plus obscur. M. Cuvinot, aujourd'hui sénateur, a donné 150 mètres comme correspondant à la cote de + 5 centimètres de l'échelle de Mantes. Que le chiffre soit un peu exagéré, cela est possible, mais cela a peu d'importance; il en résultera un abaissement du plan d'eau de 1 mètre.

M. VAUTHIER. Ainsi que je l'ai dit, les chiffres de l'étiage que j'ai donnés sont les chiffres officiels des ingénieurs de la navigation de la Seine. M. Cuvinot a fait partie de ce service un certain temps. Mais ce que j'affirme d'une façon formelle, c'est que les chiffres : 65 mètres à Mantes, 88 mètres à Saint-Aubin sont des données classiques pour ainsi dire. Je les possède depuis plusieurs années et les considère comme incontestables.

Quant à l'autre point, à celui des oscillations des eaux à Poissy, j'ai pris l'indication dont j'ai fait usage dans le travail de M. Bouquet de la Grye lui-même. C'est à la page 15 de son premier écrit. Il examine l'éventualité d'une crue « roulant dans son lit un volume de 2,470 mètres, » et dit à ce ce propos : « on aura, dans ce cas extrême, une vitesse des eaux dans le canal de 2 mètres environ, et leur hauteur à Poissy ne dépassera point les berges du canal, *en atteignant une hauteur de 15 mètres à partir du plafond.* »

Je n'ai pas fait autre chose que prendre ce chiffre. Une hauteur de 15 mètres au-dessus du plafond, c'est 9 mètres au-dessus du plan d'eau : c'est donc une oscillation de 9 mètres.

Cette élévation donne-t-elle une limite extrême? Je pense tout le contraire. On aurait l'élévation de 9 mètres pour un débit beaucoup au-dessous de 2,500 mètres. Pour s'en assurer, il y a des calculs à faire. Il y aurait à s'entendre sur les sections nouvelles à assigner à la Seine sur les divers points de son cours entre Poissy et Rouen. Ces calculs seraient assez longs.

Ce n'est pourtant pas la mer à boire, ce n'est même pas la Seine à boire. (Rires.) Toutefois il y faut du soin et du temps, surtout des points de départ bien arrêtés, et, quant à moi, je reste convaincu que, pour que le débit des grandes crues s'effectue, il faut qu'on conserve le lit actuel de la Seine parfaitement ouvert. Cet écoulement n'aurait pas lieu sans grandes perturbations si on voulait lui donner pour seul lit celui du canal. C'est là ce que je crois pouvoir maintenir d'une manière absolue.

M. Bouquet de la Grye. La première objection de M. Vauthier porte sur le débit qui a servi de base à nos calculs.

M. de Lagrené estime que le débit de la Seine en aval de Poissy est de 65^{m3}, M. Vaudrey a indiqué 150^{m3} environ, M. Cuvinot 150^{m3}, M. Poirée 115^{m3}, le tout à l'étiage. Où est la vérité entre ces affirmations. Si j'ai pris le chiffre de M. Cuvinot, c'est qu'en abaissant le plan d'eau les sources feront augmenter le débit en amont. Si l'on adoptait le chiffre de M. Poirée la différence de niveau serait de 1 mètre en contre-bas ce qui n'occasionnerait qu'un cube limité de dragages supplémentaires. En ce qui concerne les variations du niveau à Poissy, elles seront certainement très importantes dans les grandes inondations, mais non susceptibles d'arrêter soit la navigation, soit le déchargement des navires, qui se fera toujours de bateau à bateau, ou sous palan, le long de quais verticaux taillés dans la craie; ces quais seront d'ailleurs au-dessus de toute inondation, ce qui n'a lieu ni actuellement ni dans aucun autre projet de canal éclusé.

Il ne faut point oublier qu'actuellement la navigation est arrêtée lorsque la crue à Paris est de 4 mètres et le débit de 555^{m3}.

Qu'a-t-on fait pour parer au point de vue commercial à ce grave inconvénient et aux dangers d'une crue analogue à celle de 1658 qui inonderait 1166 hectares du Paris actuel en entraînant des pertes colossales? Rien!

Je crois qu'il faut éviter de rechercher en aval une solution donnant une satisfaction absolue aux cas d'extrême sécheresse et d'extrême inondation, parce que ces cas sont très rares et qu'alors le commerce emploie les moyens en usage dans les ports de Bordeaux, de Rouen ou de Nantes, toutes villes ayant grandi quoiqu'elles soient situées sur des fleuves sujets aux inondations.

Paris grandira, de même lorsque les navires pourront arriver jusque dans sa banlieue sans entraves.

M. Cotard. Je voudrais savoir, si ce projet est réalisé, comment les navires passeront aux écluses. M. Vauthier a parlé des inconvénients au point de vue des variations du plan d'eau; je voudrais savoir comment se fera l'entrée dans une écluse qui présentera des variations de 9 mètres.

M. Bouquet de la Grye. Cela n'empêchera pas l'entrée des navires dans les écluses.

Les écluses auront par exemple 10 mètres. Si la Seine augmente et arrive à une hauteur de 9 mètres, on entrera dans la première écluse, en ne sassant que de 1 mètre; quant à la seconde, on montera de la quantité ordinaire. Quelle difficulté y a-t-il? Si nous prenons une première écluse de 6 mètres, au lieu d'être fermée, elle restera ouverte.

M. Le président. Je crois que la discusion très intéressante sur Paris port de mer, que vous avez alimentée ici, touche à sa fin. Je vous renouvelle les remerciements de la Société; vous voyez comme elle a été reconnaissante, par la somme d'objections qui vous ont été faites.

M. Bouquet de la Grye. Je remercie les membres de la Société de l'intérêt qu'ils ont bien voulu prendre au travail que j'ai eu l'honneur de leur présenter.

MM. Berlier, Bonnaud, Chélu, Langrand, Laroche, Lavieille, Schotsmans et Van der Elst ont été reçus membres sociétaires.

Séance du 16 Juin 1882.

Présidence de MM. Émile Trélat et Brull.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 2 juin est adopté.

Conformément à l'article 17 des Statuts, M. Loustau, trésorier, donne communication de l'Exposé de la situation financière de la Société.

Il indique que le nombre des Sociétaires, qui était, au 16 décembre 1881, de.	1922
s'est augmenté, par suite de nouvelles admissions, pendant le 1er semestre 1882, de.	75
Ce qui nous donne un total de.	1997
dont il y a à déduire, par suite de décès, pendant ce semestre.	11
Nombre total des Sociétaires au 16 juin 1882.	1986

Les recettes effectuées pendant le 1er semestre 1882 se sont élevées à :

	fr.	c.	fr.	c.
1° Pour le service courant (droits d'admission, cotisations, locations de salles, intérêts d'obligations, amendes, vente de mémoires, annonces).	34,620	94	38,270	94
2° Pour le fonds social inaliénable (6 exonérations et 1 don volontaire).	3,650	»		
Il reste à recouvrer en droits d'admission et cotisations. . .			45,098	»
Total de ce qui était dû à la Société.			83,368	94

Au 16 décembre 1881, le solde en caisse était de.	17,699 89	55,970 83
Les recettes effectuées pendant le 1er semestre de 1882, se sont élevées à.	38,270 94	

Les sorties de caisse du semestre se sont élevées à :

1° Pour dépenses courantes diverses (contributions, assurances, intérêts de l'emprunt, appointements, impressions, affranchissements, etc.).	28,534 30	34,264 30
2° Pour achat de 10 obligations du Midi, au porteur, sur le fonds courant.	3,730 »	
3° Remboursement de 4 obligations (capital inaliénable).	2,000 »	
Il reste en caisse à ce jour.		21,706 53

D'après le détail de la situation présentée par le Trésorier, le fonds courant et le capital inaliénable sont constitués de la manière suivante à la date du 16 juin 1882.

L'avoir du fonds courant se compose :

1° De l'encaisse en espèces.	6,069 81
2° De 201 obligations du Midi, ayant coûté.	70,324 89
Total du fonds courant.	76,394 70

La Société possède en outre comme fonds social inaliénable :

1° En espèces.		15,636 72	259,343 62
2° 19 obligations du Midi, provenant du legs Nozo.		6,000 »	
3° Un hôtel dont la construction a coûté.	278,706 90	237,706 90	
sur lequel il reste dû.	41,000 »		
Total de l'avoir de la Société.			335,738 32

Les comptes sont approuvés à l'unanimité.

M. le Président. Nous allons procéder au tirage des trente obligations, que le Comité a décidé, conformément à la proposition de M. le Trésorier. MM. Herscher, A. Moreau et Simon sont désignés pour assister aux opérations du tirage de ces obligations. Les obligations portant les numéros 13 — 16 — 24 — 25 — 26 — 27 — 30 — 35 — 42 — 43 — 55 — 60 — 64 — 75 — 79 — 81 — 82 — 84 — 98 — 104 — 121 — 126 — 128 — 131 — 144 — 145 — 146 — 155 — 166 et 170 ont été extraites de la roue et seront remboursées.

Messieurs, nous ne manquerons pas, cette année, de faire ce que nous faisons si justement tous les ans, c'est de voter les remerciements à notre éternel trésorier, M. Loustau, qui prend tant de soins des intérêts de la Société. Je vous propose de lui voter de chaleureux remerciements.

Ces remerciements sont votés à l'unanimité.

M. LE PRÉSIDENT fait part de la nomination de MM. Champouillon, Lavalley et Molinos comme Membres de la commission supérieure pour l'examen de la construction d'un canal maritime de l'Océan à la Méditerranée.

Ce n'est pas une simple commission d'un ministère, c'est une commission dans laquelle se trouvent engagés tous les départements ministériels. Le ministère a déjà eu deux commissions qui ont fonctionné pour le contrôle et l'adoption du projet présenté par le sénateur M. Duclerc, projet d'un canal maritime entre l'Océan et la Méditerranée. Il y a eu une commission au Ministère des travaux publics, et une autre commission, je crois, au Ministère de la marine : il n'y a pas eu identité entre les conclusions de ces deux commissions. Dans ces circonstances, on a institué une commission unique dans laquelle tous les ministères seront représentés; par conséquent, la place de nos Collègues est digne de remarque, à tous égards, et j'y insiste d'une manière particulière, en faisant cette communication.

M. LE PRÉSIDENT annonce aussi que MM. Lépany et Anthoni ont été nommés officiers de l'Instruction publique, et M. Gaget chevalier de l'ordre de Charles III d'Espagne.

M. GEORGES SALOMON a la parole pour sa communication sur la liberté des mesures contre les accidents industriels. (Voir le Mémoire, page 653).

M. HAMERS approuve beaucoup les conclusions de M. Salomon.

Relativement à la réalisation pratique, M. Hamers demande à M. Salomon s'il croit opportun de confier les surveillances nouvelles aux sociétés qui s'occupent déjà des machines à vapeur ; ou si, entrant dans un ordre d'idées tout opposé, il serait d'avis de constituer un grand nombre de sociétés ayant chacune un objectif restreint : la surveillance d'une seule espèce d'industrie.

M. GEORGES SALOMON estime que le service des associations de propriétaires d'appareils à vapeur est suffisamment chargé pour qu'on n'y joigne pas celui qui incombe aux associations pour prévenir les accidents.

Les associations pour prévenir les accidents ne doivent pas s'occuper d'une seule espèce d'industrie, mais bien des *diverses* industries d'une *même* région.

Ce qu'on peut demander aux associations de propriétaires d'appareils à vapeur, c'est de prendre l'initiative de la création des associations pour prévenir les accidents, parce qu'elles sont plus particulièrement en situation de le faire efficacement.

M. RAOUL DE L'ANGLE-BEAUMANOIR. Je ferai observer deux points sur

lesquels je suis convaincu que l'auteur de la communication sera d'accord avec moi. Il a parlé de l'inefficacité des lois pour la protection des enfants et adultes qui travaillent dans les ateliers; il est d'usage dans certain monde, de dire que, parce qu'une loi est votée, on désobéira à cette loi. J'affirme que c'est un mauvais système; lorsque les lois sont faites, comme elles le sont aujourd'hui, elles sont toujours efficaces quand elles sont bien appliquées. Je crois qu'une loi pour protéger les droits de l'ouvrier serait nécessaire maintenant; car nous vivons dans une époque où les droits de l'ouvrier sont protégés quelquefois en fait, mais non encore assez en droit. De plus, pour l'organisation de ces sociétés et les points de comparaison qu'on a tirés des pays où elles fonctionnent, je crois que les lois qui sont faites dans des pays très autoritaires, comme l'Allemagne et l'Angleterre, ne doivent pas être comparées avec les lois sociales, dans le vrai sens du mot, dont on est en train de se préoccuper en France.

Je crois qu'il est évident que le socialisme d'État, dont on s'est tant occupé en Allemagne, serait favorable en France, jusqu'au moment où nous serons sortis de ces sortes de conventions mal venues opprimant toujours la classe ouvrière; en un mot, lorsque la loi française telle qu'on la conçoit aujourd'hui sera votée; lorsqu'une législation digne de l'humanité, de la France et de la République sera établie parmi nous.

M. LE PRÉSIDENT. Vous avez entendu la communication très intéressante de M. Salomon sur le projet de loi présenté par M. Louis Oviève; il nous a montré combien une pareille loi serait difficile à appliquer; il nous a montré les résultats importants obtenus par l'initiative privée; il a fait appel de la santé et de la sécurité des ouvriers à la responsabilité des patrons.

Je pense que je serai votre interprète en remerciant M. Salomon de sa communication.

(M. Émile Trélat cède le fauteuil à M. Brüll).

M. BERGERON donne communcation de sa note sur le ballastage et les traverses de la voie des chemins de fer.

M. BERGERON. Vous savez, Messieurs, que la construction des voies, aujourd'hui, consiste à établir une couche de ballast, sur lequel on met des traverses. Il faut que le ballast vienne peu à peu se tasser, et on est obligé, quand le tassement se produit, de bourrer les traverses. Il arrive très souvent que, sur une voie, il y a des affaissements de traverses assez considérables et il est rare, lorsque l'on passe sur une voie à l'époque des sécheresses, qu'on n'aperçoive pas des crevasses dans le ballast.

J'ai assisté, en 1849, à Birmingham, à des expériences très intéressantes faites par M. le professeur Willis qui cherchait à se rendre compte de l'effet du roulement des véhicules sur des rails qui éprouvaient des flexions. Il avait établi deux plans inclinés sur lesquels on pouvait faire descendre un petit chariot pesant quelques quintaux. Le rail était léger, et fléchissait

de quelques centimètres, quand le véhicule était posé au milieu ; mais si on faisait descendre le véhicule sur le plan incliné, le rail pliait et le véhicule sortait de la voie.

Beaucoup de déraillements se sont produits de cette façon-là. On a parlé de déraillements dont il était impossible de se rendre compte parce que la voie paraissait en bon état ; en Angleterre, en 1880, on a constaté 42 déraillements, et 60 en 1881, qui ont été amenés, à mon avis le plus souvent, par des flexions.

Je me suis demandé s'il n'y aurait pas possibilité d'établir une voie plus solide que la voie ordinaire ; le besoin qu'on a maintenant d'avoir une voie solide se fait sentir de plus en plus, parce qu'on veut aller très vite ; on ne se contente plus d'une vitesse de 80 kilomètres à l'heure ; je voyais dernièrement, dans les journaux américains, qu'on veut établir, entre New-York et Philadelphie, séparés par une distance de 90 milles, des trains qui auraient une vitesse de 100 kilomètres à l'heure. Il y a beaucoup d'ingénieurs qui croient qu'on arrivera à marcher, en Angleterre, à une vitesse semblable. Eh bien, on ne le pourra pas à moins de donner plus de solidité à la voie et de rapprocher les traverses, comme on l'a fait à New-York. Ainsi, sur la ligne de Philadelphie, on emploie un rail de 9 mètres, et 16 traverses par rail ; tandis qu'en Angleterre, les rails de 9 mètres n'ont seulement que 11 ou 12 traverses. De plus, on s'inquiète beaucoup en Angleterre de la question des traverses ; on craint que le bois ne vienne à manquer. On ne fait pas usage de chêne en Angleterre, on prend du sapin rouge de la Baltique, et comme depuis quelque temps, on commence à en faire une consommation extraordinaire pour paver les rues de Londres, ce bois tend à devenir de plus en plus cher. A la fin de l'année dernière, il y a eu, à l'Institution des ingénieurs civils de Londres, une discussion intéressante sur cette question, on est arrivé à peu près à regarder comme inévitable l'emploi très prochain des traverses métalliques ; on en a proposé de différents systèmes, et celle qui a paru réunir les suffrages des membres de la réunion, c'est la traverse Livesey dont vous voyez ici l'échantillon, c'est celle que MM. Molinos et Lavalley ont employée pour le chemin de fer de la Réunion et dont ils paraissent satisfaits.

M. Livesey a livré, depuis quinze ans, tant pour l'Amérique du sud que pour l'Afrique anglaise, l'Inde, la Nouvelle-Zélande, l'Australie, plus de 200,000 tonnes de ces traverses ; et le fondeur de Glasgow, M. Bunten, de la Société Anderton a, dans ce moment, une commande de 70,000 tonnes de ces traverses, qu'il exécute pour l'Inde, où il est difficile de se servir du bois, attendu que l'action du soleil le détruit très rapidement.

C'est la même raison qui a fait que MM. Molinos et Lavalley ont employé ce système pour les traverses du chemin de fer de la Réunion. On a atteint, sur certaines lignes construites avec la traverse Livesey, la vitesse de 96 kilomètres à l'heure avec des machines de 30 à 40 tonnes et sans aucun inconvénient.

La traverse Livesey a été le point de départ de celle que j'ai combinée ;

au lieu de cloches ovales je prends deux caissons. Ces caissons sont reliés par deux entretoises pour maintenir l'écartement. Primitivement j'employais des caissons ayant le dévers voulu et je m'en servais pour faire le joint des rails en supprimant ainsi les éclisses.

Quand M. Livesey a vu mon modèle, il m'a dit : Vous avez tort d'employer ce système, parce que cela vous obligera à avoir des boulons et des trous dans les caissons ; et comme il faut que les trous des rails correspondent exactement aux trous des caissons, quand les ouvriers mettront cela en chantier, ils seront obligés de tâtonner.

Pourquoi ne faites-vous pas pour vos caissons ce que j'ai fait pour ma traverse ? Il n'y a qu'un coin qui maintient le rail ; il repose sur un coussinet ordinaire. — Il est probable que M. Livesey a raison ; et je crois qu'un seul coussinet suffit.

D'abord, je pars de ce principe, que l'on a tort de mettre le ballast en saillie sur la plate-forme, où il est suspendu comme un tas de blé sur un grenier. Ce n'est qu'à la longue que les traverses tassent et que le ballast s'affermit, malheureusement les traverses s'affaissent toutes inégalement, elles sont bourrées inégalement aussi et il en résulte que le rail a une tendance à fléchir. Le colonel Yolland a constaté, dans son rapport au *Board of Trade*, que les déraillements ont lieu surtout après le bourrage des traverses. Quand on a bourré quelques traverses, celles qui sont à côté cèdent, et alors, les flexions des rails en avant et en arrière sont telles que les véhicules tendent à sortir de la voie.

Au lieu de cela, je creuse des fossés dans la plate-forme, tout comme on fait des fossés dans les rues de Paris pour poser les tuyaux de gaz ou les conduites d'eau. Je suppose la plate-forme solide. Je n'admets pas qu'on fasse cette opération-là dans des terrains rapportés ; il faut un chemin déjà établi ; et, à cet égard-là, je n'entends pas le moins du monde faire application de ce système aux voies nouvelles ; je crois que la voie qui existe aujourd'hui pourra continuer encore avec des traverses, avec le bourrage, etc. Mais, prenons une voie ancienne, celle de Paris-Lyon-Méditerranée, par exemple, qui fonctionne depuis trente ans ; la plate-forme est solide. On peut imaginer qu'on creusera là dedans un fossé dans lequel on mettra du sable, de la nature du sable de paveurs ; on le mouillera, on le pilonera bien et on fera passer le rouleau pour avoir une sorte de grès artificiel, capable de résister aux pressions les plus considérables, et qui, en même temps, offrira une certaine élasticité, comme toujours le fait le sable lorsqu'il est au-dessous d'un poids qui l'agite. Vous ne pourriez pas, par exemple, paver une rue de grande ville sans mettre du sable par-dessous ; si vous mettiez des cailloux, le pavé s'écraserait. Le sable est une espèce de liquide sur lequel le pavé se maintient très bien, et je crois que les caissons se maintiendront parfaitement bien si on les établit sur un banc de sable ; on les enfonce comme les pavés, ils sont taillés pour bien pénétrer dans le sable ; une fois bien enfoncés, le sable vient reposer sur toute la surface, et l'on a ainsi une solidité à toute épreuve. Les coussinets sont venus de fonte avec les cais-

sons, et, en serrant bien les coins, on obtient une grande solidité. Lorsque la voie sera ainsi établie, on pourra y semer du gazon, qui donnera un champ vert, et l'on n'aura jamais de poussière. On pourra même congédier les équipes d'ouvriers qui n'auront plus rien à faire pour l'entretien de la voie.

Ainsi, le principe que j'ai cherché à établir est celui-ci : mettre du ballast dans la plate-forme, le tasser et enfoncer la traverse dans le ballast bien comprimé. L'avantage que j'ai trouvé à ce système, c'est qu'il n'y a plus de boulons ni rien de compliqué; toutes les pièces sont simples et rendent la traverse solidaire du rail.

Maintenant, Messieurs, j'appelle votre attention sur le système d'éclisses appliqué au métropolitain de Londres; l'éclisse se prolonge jusqu'au dessous du rail, de manière que ces deux barres d'éclisse constituent une résistance à peu près égale à celle du rail, il n'y a donc pas de point faible au joint. L'avantage de mon système, c'est de pouvoir enlever et poser très rapidement les rails; on fait sauter les coins, et on peut enlever et replacer les rails avec une facilité très grande. Ce système n'est réellement applicable que sur des chemins où le tassement est déjà opéré depuis longtemps, et où il n'y a pas à craindre que des tassements nouveaux se produisent : on peut alors imaginer que ces voies ferrées seront placées comme si elles étaient sur une longrine de viaduc. Vous avez des viaducs où les rails sont, pour ainsi dire, solidaires du pont, et les locomotives passent à grande vitesse sans que les voyageurs éprouvent aucune espèce de secousse.

Je me rappelle que sur le chemin de fer de Fribourg à Berne, on arrive sur le grand viaduc de Fribourg après un plan incliné, sur lequel, la voie étant mal assise, on éprouvait des secousses; mais, dès qu'on arrivait sur le viaduc, on glissait comme en traîneau sur la glace unie d'un lac; puis, dès qu'on arrivait de l'autre côté du viaduc, on sautait de nouveau.

Je voudrais arriver à une voie établie de manière que les rails fussent aussi solidement maintenus que sur un viaduc, de manière à pouvoir franchir les distances à une vitesse de 100 kilomètres à l'heure. Avec le nouveau système on peut y arriver; avec l'ancien jamais.

En résumé, on obtiendra avec ce système, pour les chemins de fer à simple voie, une réduction dans la largeur de la plate-forme; qui sera seulement de 4 mètres au lieu de 6 mètres qu'on lui donne ordinairement avec du ballast en saillie on obtiendra en outre une fondation inébranlable de la voie, qui permettra aux trains de marcher à une vitesse de 100 kilomètres à l'heure avec une notable réduction dans le poids des rails, ce qui représentera une grande économie.

L'entretien de la voie sera nul et il suffira d'une simple surveillance. Je pourrais citer encore les économies sur les usures des bandages, des ressorts, la dislocation des organes, etc. C'est surtout dans la douceur de roulement des trains, que les voyageurs apprécieront l'agrément de voyager sans oscillations, sans crainte de déraillement, avec une vitesse double de la vitesse actuelle.

Je n'hésite pas à soumettre cette nouvelle voie à l'examen des ingénieurs compétents, en les priant d'en faire l'essai sur un certain nombre de kilomètres de longueur, après quoi le problème d'une voie économique et d'une solidité à toute épreuve sera bien vite résolu.

M. Douau. Je demande à répondre, en quelques mots, à certains points qui me semblent en contradiction avec ce qui existe. On nous a parlé de vitesses de 75, 80, 90 kilomètres à l'heure, et on a dit : Il est impossible, avec les voies actuelles, de marcher à des vitesse semblables. Cependant les personnes qui sont dans les chemins de fer le savent toutes, cela est réalisé en France. Le train rapide de Paris à Bordeaux, marche à une vitesse de 64 kilomètres à l'heure, arrêts compris, ce qui correspond, en marche normale, à une vitesse de 75 à 80 kilomètres. J'ajoute que ce train fait fréquemment 85 et 90 kilomètres à l'heure entre les gares. Je pense donc qu'il n'est pas tout à fait exact de dire qu'avec le système de voies actuel il est impossible de marcher à une grande vitesse.

On a fait ensuite une observation sur l'élasticité qui se produit sur les voies, en disant que la résistance n'est pas la même partout, et qu'il se produit des flexions. Je crois que cette élasticité est absolument nécessaire, dans une certaine mesure, et que si au contraire, on arrivait à une voie d'une rigidité absolue, le roulement se ferait dans de mauvaises conditions au point de vue du matériel et de la traction. Quant au travail qui consisterait à creuser des rigoles dans une plate-forme solide et résistante (en supposant même que l'on soit placé dans cette situation particulière); à y mettre du sable, à le tasser en se servant de l'eau, à le comprimer au moyen de rouleaux, ce sont des conditions qui ne semblent guère pratiques, en ce qui concerne la construction d'une voie ferrée. Sur un chemin établi de cette manière, il est certain qu'au bout d'un certain temps, des vibrations, des ébranlements se seront produits sous chacun des caissons, et on aura des conditions analogues à celles des traverses actuelles, on retrouvera les phénomènes de flexibilité des voies ordinaires.

Enfin il ne peut être question de faire des plantations de gazon sur la voie : chacun sait que le gazon ne pousse qu'à force d'eau, cela coûterait beaucoup trop cher et ne supprimerait pas l'entretien ainsi qu'on l'a annonce.

M. Bergeron. Les voies que je considérais tout à l'heure comme les meilleures, ce sont les viaducs, où il n'y a pas de tassements ni de ballast; le roulement s'y fait parfaitement. La ligne de l'Angleterre où la vitesse est encore plus grande que celle de Paris à Bordeaux, la ligne du Great Western a ses rails supportés sur des longrines, il n'y a jamais eu de déraillement sur cette voie. Je vous disais tout à l'heure, ce qui est un fait, vous pouvez le lire dans le rapport du colonel Yolland au *Board of Trade*, le déraillement a lieu surtout dans les portions de voies où les traverses viennent d'être bourrées, les traverses d'à côté ne l'étant pas.

Maintenant, ce qui me paraît devoir être avantageux dans mon système,

c'est que mon ballast est encaissé, tandis que, dans les voies actuelles, il est en l'air. J'admets que, sur la ligne de Bordeaux, on arrive à la vitesse que l'on vient d'indiquer, mais, en Angleterre, on va plus vite encore. Eh bien! les Anglais disent que, dans quelque temps d'ici, il sera difficile de se procurer des traverses, il faudra donc avoir recours à un autre système. Si l'on prend la traverse métallique, je crois que mon système aura de grands avantages, et je suis convaincu que ceci a besoin d'être essayé. Je demande qu'on fasse des expériences comme on a fait déjà l'expérience de bien des systèmes.

M. Cotard. L'auteur de la communication n'a pas voulu dire que, sur les lignes françaises, on ne puisse atteindre des vitesses de 90 kilomètres, mais il est certain que ce qu'il y a le plus à perfectionner, dans les chemins de fer, c'est la voie, et que c'est là, l'obstacle principal qui empêche d'atteindre de plus grandes vitesses.

On construit avec beaucoup de soin les ouvrages fixes, les ponts, les viaducs, tous les ouvrages d'art, et lorsqu'on en est arrivé à la voie, on lance les équipes, on se hâte; tout est fait avec rapidité, et on a une voie qui est mauvaise dès l'origine. Peu à peu, cependant, on l'améliore, et elle prend une certaine solidité; mais la solidité n'est jamais complète, car la voie, au lieu de reposer sur un terrain de plus en plus solide, pose sur un ballast sans cesse remué. Ceci est un gros inconvénient. Sans entrer ici dans l'examen des divers arguments présentés de part et d'autre, je voudrais faire ressortir que M. Bergeron a grandement raison de se préoccuper de cette question de la voie. L'introduction des traverses métalliques serait un perfectionnement, qui du reste s'imposera bientôt, attendu que les traverses ordinaires deviennent de plus en plus chères; et aussi parce qu'on arrivera, par ce moyen, à une exactitude absolue comme écartement et de vers des rails.

Les cloches de M. Livesey ont reçu la sanction de l'expérience : M. Bergeron propose de les remplacer par d'autres, et de les noyer dans un ballast qui soit fixe, au lieu d'être remué. Je crois que l'idée sur laquelle il s'appuie est juste; car on ne peut pas dire que les voies doivent être élastiques pour faciliter le roulement des trains. Le ballast se comprime, il y a un espace dans lequel la traverse oscille et est suspendue en l'air, pour ne reposer que quand une machine passe; cette sorte d'élasticité n'est certainement pas à désirer. On peut faire un terrain qui ne soit pas dur mais qui soit résistant. Je crois donc que les recherches de M. Bergeron offrent un grand intérêt.

M. Hamers. Je rappellerai à M. Douau une observation que j'ai déjà présentée autrefois :

Il ne faut pas perdre de vue que, si la voie ordinaire des chemins de fer a besoin d'élasticité, c'est à cause de l'irrégularité de son assiette, due aux affaissements inégaux du sol et à d'autres causes. Si l'on établissait une voie parfaitement unie sur un sol absolument résistant (comme le serait,

par exemple, le granit), ce sol permettrait à la voie de conserver sa régularité; dès lors, il serait superflu de demander de l'élasticité au mode d'installation. L'élasticité est destinée à obvier aux chocs ; sans ressaut, sans inégalité, sans brusque changement d'état, pas de choc.

Sur un sol immuable et avec une voie très bien dressée, une installation élastique, qui causerait par elle-même des trépidations, serait avantageusement remplacée par une installation rigide. Celle-ci vaudrait alors non seulement autant, mais mieux que celle-là, attendu qu'elle éviterait les trépidations, non justifiées dans ce cas.

On ne peut guère trouver une assiette meilleure que le sable mouillé et aggloméré, pourvu qu'il soit bien encaissé et que les parois de l'encaissement soient résistantes. En conséquence, j'estime qu'il est très utile et même nécessaire d'expérimenter le système de M. Bergeron.

J'ajouterai enfin que, sauf avis contraire de M. Bergeron, ce système pourrait être utilisé même sur des chemins neufs : dans les parties établies en tranchée sur terrain solide.

M. Rey. Ce système semble exiger une qualité de sable déterminée, et comme on n'a pas toujours du sable à sa disposition, il y aurait donc là une difficulté assez grande pour créer un véritable obstacle. Ensuite, ce sable étant piloné, comment l'insertion des traverses se fait-elle? comment obtiendra-t-on l'insertion de la partie saillante des caissons?

M. Bergeron. On place un manchon en bois sur le rail et on frappe pour faire entrer le caisson dans le sable.

M. Rey. Alors, la traverse reposera, non plus sur le sable comprimé, mais sur le sable remué, et il n'y aura plus de stabilité.

M. Marché. En dehors des considérations présentées par M. Cotard, du prix très élevé des traverses en bois et de la difficulté de s'en procurer, il y a un autre argument en faveur des traverses métalliques, argument que je tiens à faire valoir : c'est que, si on tend à augmenter la vitesse des trains, il est nécessaire d'augmenter leur nombre; cette tendance devient de plus en plus grande. Lorsque les trains sont rapprochés les uns des autres, il y a de grandes difficultés pour l'entretien de la voie. Lorsqu'on avait des voies de fer, le rail durait environ quinze ans et la traverse à peu près le même temps; de sorte que, lorsqu'on procédait au renouvellement, ces deux éléments de la voie, l'élément *rail* et l'élément *traverse*, avaient le même degré d'usure, et on pouvait remplacer en même temps les rails et les traverses.

On a remplacé le rail en fer par le rail en acier, qui dure trois fois plus longtemps, mais on perdra le bénéfice de cette substitution s'il faut néanmoins remanier la voie aussi fréquemment pour remplacer les traverses. Il y a donc intérêt à ce que tous les éléments de la voie aient à peu près la même durée.

La traverse métallique, à ce point de vue s'impose donc, non seulement à cause de la rareté du bois, mais encore à cause des difficultés du renou-

vellement. Avec une égale durée de l'élément *traverse* et de l'élément *rail*, on pourra non seulement augmenter la vitesse des trains, mais encore en assurer la fréquence, ce qui n'est pas moins important.

M. Couard. Le système de M. Bergeron consiste à rendre indépendantes les deux files de rails : couper en deux les traverses pour avoir une voie plus solide, c'est une erreur ! Il y a une circonstance dont il faut tenir compte : c'est la résistance du rail dans le sens longitudinal. Le rail est entraîné par le train. Il arrive que lorsqu'on a une longueur de rail de 8 mètres, on n'a qu'un arrêt sur une cloche ; or, jamais une cloche ne pourra arrêter le mouvement longitudinal du rail. Par exemple, sur la ligne de Paris-Lyon-Méditerranée, la voie de 33 kilog. a une éclisse qui vient buter contre la traverse. Là où il y a des pentes très fortes, ou dans les gares, partout enfin où le frein agit très souvent, il est impossible d'arrêter le mouvement longitudinal du rail, avec l'éclisse-arrêt ; on a recours aux voies de 38 kilog. où il y a des chevillettes qui traversent le patin du rail au droit de chaque traverse et arrêtent le mouvement du rail. Je ne crois pas qu'avec une cloche on arrive à arrêter un rail, lorsqu'on ne parvient pas à le faire avec une traverse.

M. Bergeron. Cette cloche-là est remplie, au-dessous, d'une masse de ballast très serré.

M. Noblot. Cette cloche me rappelle d'une manière absolue ce que j'ai entendu dans les premiers cours de chemins de fer faits en France par M. Perdonnet.

Les premiers chemins de fer ont été établis au moyen de rails en fonte ayant la forme de barreaux de grille de chaudière à vapeur et placés sur des dés en maçonnerie, convenablement espacés. J'ai voyagé sur des chemins ainsi construits ; je me rappelle les oscillations qui se produisaient et les secousses que l'on éprouvait, surtout lorsqu'un rail venait à se briser, ce qui arrivait souvent.

On a renoncé immédiatement aux dés, parce qu'il n'y avait pas de solidarité dans les diverses parties de la voie.

Comme M. Bergeron l'a remarqué sur un viaduc de Suisse, quand les rails sont placés sur des longrines, le roulement est très doux. Dans ce moment-ci, en Alsace et en Allemagne la plupart des voies ferrées sont en transformation ; on a adopté un système de longrines en fer, ayant la forme de fer Zorès ; la partie supérieure m'a paru prendre une largeur d'environ 20 centimètres.

Les longrines sont reliées par des traverses de même forme, ce qui constitue une solidité parfaite, aussi bien dans le sens de la longueur que dans celui de la largeur.

J'ai parcouru de certaines distances sur une voie ainsi construite, et j'ai pu constater la douceur de la marche en rentrant de temps à autre sur une voie ordinaire.

On a réalisé par l'emploi de ces longrines en fer le problème que

M. Bergeron cherche à résoudre par son ballast inférieur, c'est-à-dire la solidarité, et avec cet avantage que l'on peut employer des longrines en fer partout, tandis qu'il n'est pas toujours possible de se procurer du sable.

Certes on pourrait expérimenter le système de M. Bergeron sur des voies déjà anciennes et convenablement assises ; mais pour des chemins en construction, qu'arriverait-il si l'on tombait sur des terrains peu consistants, sur la tourbe, etc. ?

En somme, le moyen peut-être employé dans certain cas et présenter des avantages sérieux au point de vue de la solidarité générale des éléments de la voie; mais il n'est pas applicable partout.

Le système des longrines en fer pratiqué en Alsace peut, au contraire, être appliqué d'une manière générale; il offre l'avantage d'assurer la solidarité aussi complètement que possible. On évite avec ce système le remplacement des traverses qui devient de plus en plus fréquent, et dont il y a grandement lieu de se préoccuper, parce que, dans un temps donné, on ne trouvera plus assez de bois pour satisfaire la consommation.

M. Marché. Je rappellerai que nous avons vu à l'Exposition de 1878, la voie de Serres essayée à Vienne. Il y a en Allemagne, sept ou huit types de traverses métalliques appliquées sur un grand nombre de kilomètres.

M. Bergeron. Il y a 1100 kilomètres de voies sur longrines, en Allemagne, et 770 sur traverses en tôle. Seulement on a trouvé des inconvénients à avoir les deux bouts de la traverse ouverts; maintenant on replie les deux extrémités pour emmagasiner le ballast.

La traverse Livesey a été essayée dans un pays où il n'y a ni pierres, ni cailloux, ni sable; c'est comme le terrain qu'on trouve, en Égypte, entre Alexandrie et Suez. Le rail est posée sur cette cloche ronde; et à force de faire passer le train, il se forme une espèce de bloc en dessous, et la voie se maintient mieux à la suite de grandes inondations, parce que la terre est fortement consolidée.

M. Herwegh. Je crois que l'enfouissement du sable dans la plate-forme facilitera l'infiltration des eaux pluviales tout en empêchant l'écoulement ; il se formera de la boue, il se produira des tassements, ce qui sera très nuisible au bon entretien de la voie, du reste, presque toutes les Compagnies de chemins de fer où primitivement le ballast se trouvait encaissé entre deux banquettes de terre, ont, sans reculer devant les frais assez considérables, rasé ces banquettes, élargi la plate-forme et ajouté ce qui manquait de ballast.

M. Bergeron. Cela serait vrai pour du ballast perméable; mais mon sable sera tellement tassé que l'eau ne pourra plus passer, pas plus que pour les routes macadamisées.

M. le Président. Permettez-moi, Messieurs, de résumer en peu de mots cette intéressante discussion. M. Bergeron a proposé d'établir des fossés

sur les voies de chemin de fer, d'y mettre du sable fin, de le mouiller, de le piloner et d'y enfermer des caissons métalliques. Bien que la voie actuelle de nos chemins de fer ait eu ses défenseurs, l'opinion générale des personnes autorisées qui ont pris la parole paraît être que ces voies, pour permettre une augmentation de vitesse, désirée par tous, et aussi une augmentation de la fréquence des trains, exigeraient des modifications. Il paraît entendu aussi que la traverse métallique serait désirable pour une plus grande solidité de la voie. Il a été adressé à M. Bergeron des critiques sur son système : je pense qu'il y voit la preuve de l'intérêt que la Société prend à sa communication. L'auteur a une telle confiance dans la solidité de la voie qu'il a combinée, qu'il ne vous a proposé aucun moyen pour parer à l'entretien de cette voie; il veut une voie fixe, gazonnée, sur laquelle on ne peut plus revenir.

C'est à l'expérience qu'il appartient de dire ce qu'on peut attendre de ces espérances.

L'ordre du jour appelle la suite de la discussion sur le chemin de fer métropolitain; mais vu l'heure avancée, cette discussion est renvoyée à la séance suivante.

MM. Arrault, Detraux, Legrand, Marchegay, Mathieux, Mendez, Pélissier et Stein ont été reçus membres sociétaires et MM. de Dax et de Nayer, membres associés.

CHRONIQUE

Sommaire. — Les canaux de l'Allemagne du Nord. — Le tunnel de l'Arlberg. — 145 kilomètres à l'heure en chemin de fer. — La traversée rapide de l'Atlantique. — Production des métaux précieux aux États-Unis. — Ateliers de construction de Krauss et Cie, à Munich.

Les canaux de l'Allemagne du Nord. — M. T. Seyrig veut bien nous adresser la note suivante qui fait suite à celle qu'il nous avait déjà donnée sur le même sujet et qui a paru dans le Bulletin de février.

La Chronique a donné déjà quelques renseignements généraux sur le projet de création d'un certain nombre de grands canaux dans la région du nord de l'Allemagne. L'un de ces canaux approche maintenant de son exécution, et quelques données plus précises ne seront pas sans intérêt.

Le 29 mars de cette année, le gouvernement prussien a en effet saisi la Chambre des députés d'un projet de loi destiné à assurer la création du canal de Dortmund à l'Ems inférieur, voie navigable que réclame la puissante industrie sidérurgique et minière de la Westphalie qui vise, pour pourvoir à son développement, un commerce d'exportation de plus en plus actif. Il s'agirait donc d'établir le canal qui, partant de Dortmund, passe par ou près de Münster, Meppen et Neudörpen pour aboutir sur l'Ems inférieur, près de Papenburg.

La longueur totale de ce canal serait de 207 kilomètres, et on projette, mais pour plus tard, de le prolonger jnsqu'au Weser et même jusqu'à Hambourg. C'est ce que nous avons indiqué en traits généraux dans l'article du Bulletin de février.

Le pays que traverse ce canal est, en général, plat et n'offre pas de difficultés particulières pour la construction. On s'en rendra compte en remarquant que, dans la première partie de son parcours, il n'y aura pas une seule écluse sur une longueur de près de 70 kilomètres. Les mouvements de terre seront faibles, et il n'y aura de difficultés un peu spéciales qu'à la traversée d'un certain nombre de rivières, ainsi qu'au passage d'un assez grand nombre de chemins de fer en exploitation.

L'origine du canal sera près de Dortmund, d'où il suit la petite vallée de l'Emsche, sur une longueur d'environ 11,1 kilomètres. Le dénivellement du bief sur cette longueur sera de $10^{m},86$, lesquels sont rachetés au moyen d'écluses. C'est à Henrichenburg que commence ce bief, unique comme longueur, de 68,9 kilomètres sans écluses, coupant le cours de la Lippe, puis deux fois celui de la Stever, rivière assez profondément entaillée et qui nécessitera des remblais et des ponts très élevés.

Rejoignant l'Ems, un peu au delà de Münster, par un tronçon de 27,9 kilomètres avec cinq écluses lesquelles donnent une chute totale de

15,24 mètres, le canal traverse la rivière pour se diriger sur Bevergern. De là le tracé longe l'Ems à une certaine distance, ne se confondant pas avec cette rivière qui est, elle-même, canalisée dans cette partie. La longueur jusqu'à Hanekenfähr est de 22.9 kilomètres, la dénivellation de 19m,53 rachetés au moyen de sept écluses. De Haneken jusqu'à Meppen existe un canal latéral à l'Ems qui sera utilisé et transformé sur une longueur de 24 kilomètres. La petite rivière de la Hase nécessitera un nouveau pont-canal et, longeant toujours l'Ems, le canal atteindra Aschendorf à 52 kilomètres de distance, avec une chute totale, de Meppen jusqu'à son embouchure dans l'Ems maritime, de 18m,67. Cette hauteur est rachetée au moyen de dix écluses.

La longueur totale du canal projeté est donc de 207 kilomètres, avec une chute de 64m,30, répartie sur 27 écluses, soit une chute moyenne de 2m,47 par écluse, variant depuis 3m,09 jusqu'à 1m,87. Si l'on déduit de la longueur totale le bief Henrichenburg-Münster, on trouve que l'espacement moyen des écluses n'est que de 5,300 mètres. Aussi se propose-t-on de chercher si, en certains endroits, il ne serait pas plus pratique de leur substituer des plans inclinés qui remplaceraient plusieurs écluses à la fois.

Le profil du canal lui donnera 10 mètres au plafond, 24 mètres au plan d'eau et 2 mètres de profondeur partout. Les écluses toutefois auront 2m,50 d'eau sur le radier; en sorte qu'il sera toujours possible, sans reconstruire aucun ouvrage d'art, de porter la profondeur générale à ce chiffre. Les écluses auront 8m,60 de largeur entre les bajoyers et 67 mètres de longueur de chambres. Ces dimensions permettent la navigation de bateaux de 500 tonneaux.

On prévoit l'établissement d'un touage à vapeur sur le grand bief horizontal.

L'alimentation du bief supérieur du canal se fera par la petite rivière de l'Emscher, qui passe à Dortmund. Au delà de Henrichenburg, la Lippe fournira l'eau nécessaire, mais qui devra être empruntée à cette rivière à une assez grande distance en amont, au moyen d'un canal de dérivation, ou bien au passage de la rivière, au moyen d'une série de pompes puissantes. Plus bas, l'Ems et ses affluents fournissent de l'eau en abondance.

Il est intéressant de faire connaître les prévisions de dépenses pour un ouvrage aussi considérable. Elles peuvent se résumer comme suit :

DÉSIGNATION.	LONGUEUR.	PRÉVISION DE DÉPENSES POUR			PRIX par kilomètre.
		les terrains.	la construction.	le total.	
Dortmund-Henrichenburg.	11k.1	1.513.750	5.548.750	7.062.500	635.000
Henrichenburg-Bevergern.	96.8	3.283.750	27.966.250	31.250 000	322.500
Bevergern-Aschendorf.....	99.3	1.452.500	23.110.000	24.562.500	247 500
	207.2	6.250.000	56.625.000	62.875.000	303.750

Les frais d'entretien annuels de ce canal sont estimés à 800,000 francs. Ces frais pourraient être couverts par les droits de navigation, mais on préférerait les laisser à la charge de l'État, pour favoriser l'industrie de la Westphalie et notamment l'exportation des charbons de la Ruhr.

Tunnel de l'Arlberg. — Nous avons indiqué, dans la séance du 3 février de la Société des Ingénieurs civils, en présentant un compte rendu du mémoire de notre collègue, M. Meyer, que la longueur totale de la perforation au tunnel de l'Arlberg s'élevait, au 1er janvier 1882, à 3,667 mètres, soit 357 millièmes de la longueur totale de 10,270 mètres.

Voici le travail fait depuis cette date :

DÉSIGNATION	LANGEN.	SAINT-ANTON.	TOTAL.
Janvier 1882.....	146.7	162.5	309.2
Moyenne par jour.....	4.73	5.24	9.97
Février.....	129.4	147.9	277.3
Moyenne par jour.....	4.62	5.28	9.90
Mars.....	138.7	167.6	308.3
Moyenne par jour.....	4.48	5.47	9.95
Avril.....	134.4	158.2	292.6
Moyenne par jour.....	4.47	5.28	9.75

La moyenne de la perforation, de novembre 1880 à fin décembre 1881, avait été de 3m,47 par jour du côté de Langen et de 4m,77 du côté de Saint-Anton, total 8m,24. On voit qu'il y a un progrès considérable qui confirme les prévisions formées relativement à la rapidité du percement. La longueur totale perforée se trouvait ainsi être, au 1er mai, de 1,913 mètres du côté de Langen et de 2497m6 du côté de Saint-Anton, total 4,410m,60, soit les 43 centièmes de la longueur totale.

On doit donc actuellement (fin juin) être à peu près à la moitié et on voit que, si l'avancement moyen de 300 mètres par mois se continuait ainsi, le percement pourrait être terminé vers la fin de 1883, c'est-à-dire bien avant l'époque fixée dans le marché.

145 kilomètres à l'heure en chemin de fer. — Les États-Unis nous présentent le cas intéressant de deux villes, New-York et Philadelphie, comptant chacune un million d'habitants en nombre rond, ayant ensemble des relations très importantes et séparées par une distance, à vol d'oiseau, de 130 kilomètres, à peu près la distance de Paris à Rouen et à Orléans. New-York et Philadelphie sont reliées par deux lignes de chemins de fer, le Pennsylvania Railroad et la Bound Brook Line dont la longueur est de 145 kilomètres et dont les trains mettent deux heures pour accomplir le trajet entre les deux villes, ce qui fait une vitesse

moyenne effective de 72 kilomètres à l'heure. On trouve que cet état de choses n'est point digne de l'avancement actuel de la civilisation et on a projeté de réunir les deux importantes cités par un chemin de fer en ligne droite où le trajet pourrait être accompli en une heure, ce qui représente une vitesse de 145 kilomètres à l'heure.

Un ingénieur américain dont nous avons déjà eu occasion de citer le nom, M. W. Barnet Le Van, a développé à ce sujet devant l'Institut de Franklin quelques vues dont nous rapportons ci-après les plus intéressantes.

L'auteur considère qu'étant donnés le profil en long et le tracé des lignes existantes, on doit trouver déjà extraordinaire qu'on puisse obtenir régulièrement des vitesses aussi considérables que celles qu'on réalise actuellement ; il cite, à titre de curiosité, que le total des 84 courbes du Pennsylvania Railroad entre New-Jersey et Philadelphie permettrait de faire dix cercles complets. Le Bound Brook Railroad est plus favorablement disposé, mais il présente encore 43 courbes.

Les trains rapides réglementaires des deux lignes entre les villes précitées ont la composition suivante :

Une machine et son tender pesant. . . .	40,000 kil.
Un fourgon à bagages pesant.	11,800
Une voiture-salon pesant.	20,300
Deux voitures ordinaires pesant.	32,600
Total.	104,700 kil.

La longueur d'un pareil train est de 80 mètres environ. On peut admettre que dans des trains de cette nature le poids payant n'est que le dix-septième du poids total, 5,88 pour 100.

M. Barnet Le Van entre dans des détails assez circonstanciés sur le travail développé par les machines du Bound Brook ; l'une d'elles a développé 1,006 chevaux indiqués à la vitesse de 72 milles (115 kilomètres) à l'heure, les roues faisant 360 tours par minute ; mais, d'après lui, la plus grande puissance qui ait été développée par une locomotive serait celle de 1,022 chevaux indiqués, effectuée dans un essai, le 14 mai 1880, avec la 5,000^{me} machine sortie des ateliers de Baldwin.

Le train pesait 140 tonnes, l'admission avait lieu à moitié de la course, la vitesse était de 130 kilomètres, soit 350 tours à la minute. Le calcul donne une dépense d'eau d'alimentation de 13,82 kilogrammes par cheval indiqué et par heure pour une puissance moyenne de 564 chevaux pour le trajet complet.

L'auteur admet deux points pour arriver à poser les bases de son projet, le premier, que la résistance ne croît pas comme la vitesse et le second que, plus la vitesse est grande, plus on peut prendre un faible coefficient d'adhérence, 16 kilogrammes par tonne pour tout le train doivent suffire à surmonter les résistances d'un train même aux plus grandes vitesses possibles, et pour 150 tonnes on arrive à un effort de traction de 2,400 kilogrammes, facile à réaliser avec une machine de dimensions et de poids

modérés; des cylindres de 0m,38 de diamètre et 0m,53 de course fonctionnant à raison de 420 tours de roues par minute avec une pression moyenne de 4,3 kilogrammes sur les pistons, développeraient une puissance brute de 970 chevaux sur les pistons, ou l'effort de traction de 2,400 exercé à la vitesse de 30 mètres par seconde, soit 108 kilomètres à l'heure.

Avec l'adhérence à un huitième, on serait conduit à un poids de machine de 19 à 20 tonnes sur les essieux moteurs.

L'auteur se propose de recourir à l'augmentation des éléments de la puissance, tels que la pression et la vitesse de piston et pour utiliser plus avantageusement la pression, il veut revenir à l'emploi de la détente par doubles tiroirs, qu'il considère comme plus avantageuse que la détente par la coulisse et qui, employée dès l'origine des chemins de fer en Amérique, a été abandonnée, sans raisons suffisantes d'après lui.

Il propose également d'établir les stations sur des parties relativement élevées de la ligne, de manière que les trains démarrent facilement à l'aide de la pesanteur, et que l'effet de la gravité puisse les ralentir sans l'emploi excessif des freins.

Il est partisan de l'emploi de grandes roues motrices, qui donnent lieu à moins de résistance et à moins d'usure des bandages, chaque point de ceux-ci se trouvant moins souvent en contact avec le rail. Le diamètre des roues motrices sera de 6 pieds, soit 1m,83 (ce qui par parenthèse pourra étonner les personnes qui ne savent pas que le diamètre de 6 pieds est déjà considéré comme grand aux États-Unis).

La pression sera de 14.5 kilogrammes à la chaudière (200 livres par pouce carré). Il est bon de faire remarquer que dans tout cela il n'est fait aucune allusion à la production de vapeur de la chaudière, laquelle pour suffire à produire 1,000 chevaux à peu près ne devra pas vaporiser moins de 12 à 13 mètres cubes d'eau à l'heure.

L'auteur se borne à dire que l'emploi de tiroirs de détente séparés lui donnera 50 pour 100 de plus de puissance pour la même dimension de chaudière, chose plus que contestable si on se souvient que, en dehors de la question d'entretien défavorable à ce système, les expériences de Bauschinger sur les locomotives de l'État bavarois, ont démontré que les locomotives munies de détentes spéciales dépensaient beaucoup plus que celles qui détendaient par la coulisse. Les résultats de ces essais faits en 1863, ont été donnés en détail dans les Bulletins de la Société pour 1877, page 890.

En dehors de ces locomotives, où on ne voit guère de particulier que l'emploi d'une pression excessive et des doubles tiroirs universellement condamnés par l'expérience, M. Barnet Le Van propose entre New-York et Philadelphie un tracé aérien absolument rectiligne, sauf trois courbes de 3,000 mètres de rayon et de niveau, où la résistance serait minima et constante. La ligne serait éclairée à la lumière électrique, ce qui rendrait inutile l'emploi des fanaux de tête de la machine et l'éclairage intérieur des voitures; on voyagerait comme en plein jour.

Les poteaux télégraphiques porteraient les lampes et les conducteurs.

Les anciennes lignes serviraient aux trains de marchandises.

En somme, à part les critiques qu'on peut faire sur la question des machines, il n'y a pas de difficultés autres que celles de l'ordre financier à l'exécution de ce projet; il est intéressant de voir que, dans certains cas, on se prépare à modifier les anciens tracés et à faire des lignes plus directes réservées exclusivement au transport à grande vitesse, et il est probable que c'est la solution qui prévaudra lorsqu'on sera arrivé à la fois à la vitesse maxima et à la circulation maxima que permettent les lignes existantes. On commence, en Europe comme en Amérique, à quadrupler les voies sur certaines lignes; avant qu'il soit longtemps peut-être adoptera-t-on la solution plus radicale, dont nous venons de parler, établir entre les centres importants des lignes directes à tracé exceptionnellement favorable et uniquement destinées au trafic à très grande vitesse; c'est une question d'argent, mais c'est aussi une question de sécurité et à ce dernier titre, cette solution ne tardera peut-être pas à attirer sérieusement l'attention.

La traversée rapide de l'Atlantique. — A la note que nous avons donnée sous ce titre dans la Chronique de mai, nous pouvons ajouter les renseignements suivants, qui font voir que la question ne tardera pas à recevoir une solution.

Un projet de loi vient d'être présenté au Congrès des États-Unis, relativement à l'établissement d'une ligne américaine subventionnée de paquebots-poste, entre Fort-Pond-Bay, dans Long-Island, près de New-York et Milford-Haven, port du Pays de Galles.

Les navires devront être de construction américaine, à hélice et en fer ou en acier, et devront réaliser une vitesse d'au moins 18 milles à l'heure; ils porteront les malles, et les voyageurs et leurs bagages, mais pas de marchandises. Le gouvernement se réserve la faculté de les racheter en cas de guerre, à un prix raisonnable, mais qui ne pourra en aucun cas excéder le prix originaire d'achat des navires. Le point intéressant est la subvention; elle serait proportionnelle à la vitesse, c'est-à-dire qu'elle serait de 12,500 dollars par voyage fait en six jours, 10,000 par voyage en sept jours, 7,500 par voyage en sept jours et demie et 5,000 dollars seulement par voyage ayant employé plus de sept jours et demie.

Nous indiquions dans la même chronique que le paquebot de la ligne Guion l'*Alaska* venait de réaliser une traversée extraordinairement rapide en mettant seulement sept jours, quatre heures et dix minutes entre Queenstown et New-York. Sa traversée de retour a été aussi des plus remarquables; elle n'a employé que six jours et vingt-deux heures. Les distances parcourues par jour ont été : 31 mai, 307 milles; 1er juin, 400; 2, 408; 3, 411; 4, 412; 5, 407 et 6, 400; la moyenne totale est de 16,54 milles par heure.

Un autre fait également remarquable qui concerne la navigation à vapeur

est l'emploi qu'on fait actuellement de steamers pour la célèbre *course du thé*, entre la Chine et l'Angleterre.

On sait que la première cargaison de thé de l'année qui arrive sur le marché de Londres, se vend à un prix bien au-dessus du prix ordinaire de cette denrée.

Par une conséquence assez logique, le fret est payé avec une très belle prime au navire qui l'a apportée; autrefois la course du thé se faisait par navires à voiles, des clippers de grande marche souvent de construction américaine qui passaient par le Cap.

Depuis l'ouverture du Canal de Suez, le trajet se fait par la mer Rouge et la Méditerranée et on a construit des navires à vapeur, qui ont réalisé de véritables tours de force dans cette navigation.

Le *Stirling Castle* a été lancé au commencement de cette année des chantiers de John Elder et Cie, de Glasgow, pour ce service. C'est un navire de 133 mètres de longueur, 15m,25 de largeur et 10 mètres de creux jaugeant 4,300 tonneaux. Il est propulsé par une hélice en bronze au manganèse de 7m,40 de diamètre et 9m,45 de pas, actionnée par une machine Compound à trois cylindres.

Le cylindre à haute pression a 1m,60 de diamètre et les cylindres à basse pression 2m,28; la course des trois pistons est de 1m,68. Les chaudières en tôle d'acier Siemens, provenant des forges de Parkhead, fournissent de la vapeur à 7 kilog. de pression. Les chaudières ont des foyers ondulés de Fox, en tôle d'acier; elles ont une surface totale de chauffe de 1,970 mètres carrés et de grille de 73.

Aux essais au mille mesuré, le *Stirling Castle* avec 3,000 tonneaux de lest à bord et 6m,75 de tirant d'eau, a réalisé une vitesse de 18 1/2 nœuds en développant 8,500 chevaux, les machines faisant 66,5 tours par minute.

La marche était d'une régularité absolue et cette énorme puissance et cette vitesse extraordinaire ne donnaient lieu qu'à des vibrations tellement insignifiantes, que l'expérience du verre d'eau plein posé sur la table du salon d'arrière a pu être faite avec un plein succès.

Le *Stirling Castle* a justifié les prévisions que ses essais avaient fait concevoir; il vient d'arriver de Chine en effectuant la plus rapide traversée connue. Il a quitté Woosung le 22 mai, et a mis de là sept jours jusqu'à Singapore, 20 1/2 jusqu'à Suez, 27 jusqu'à Gibraltar, et 31 jusqu'à Londres, c'est-à-dire qu'il a employé pour venir de Chine un temps qu'on peut considérer comme n'étant pas excessif pour venir de l'Inde. Aucun steamer de la même ligne n'avait encore mis moins de 35 ou même 37 jours. Il va sans dire que la traversée a été faite, à cette vitesse, a raison d'une consommation de charbon énorme, plus de 100 tonnes par 24 heures, mais on ne produit pas 8,000 chevaux pour rien et la prime sur le fret du premier thé de la saison compense largement cette dépense pour les armateurs.

Production des métaux précieux aux États-Unis. — M. Clarence King, ingénieur, chargé des travaux de la carte géologique des

États-Unis, a récemment publié un rapport très complet et très intéressant sur la production des métaux précieux pendant l'année qui s'est terminée le 30 juin 1880. Voici les chiffres les plus saillants de ce rapport :

Les régions qui produisent les métaux précieux sont divisées en trois classes : la côte du Pacific, les Montagnes-Rocheuses et les États de l'Est. Les mines d'or et d'argent se distinguent *grosso modo* en deux grandes divisions : les mines profondes et les placers. Dans les premières, les métaux précieux se trouvent purs ou mélangés et associés avec d'autres métaux, plomb, cuivre, etc.; dans les placers, le métal précieux est libre, mais mélangé avec du sable, gravier et autres substances.

Les régions du Pacifique et celles des Montagnes-Rocheuses sont celles qui fournissent le plus. La Californie vient naturellement en tête. Elle produit 71,47 pour 100 de l'or trouvé dans les placers de tous les États-Unis, et 40,09 de l'or trouvé dans les mines profondes, et ensemble 51,38 de la production totale de l'or. Mais l'argent y est relativement peu abondant; on n'y extrait que 2,8 pour 100 de la production totale, et cet État n'occupe pour ce métal que le sixième rang. Voici, en mesures françaises, quelques chiffres intéressants : La Californie produit en nombres ronds, par kilomètre carré de sa surface, 210 francs d'or et 14 francs d'argent, et par tête d'habitant, 100 francs d'or et 6 fr. 50 d'argent.

Le Nevada est le grand producteur d'argent. De 1871 à 1879, il tenait la tête pour les métaux précieux; mais actuellement il est dépassé par la Californie et le Colorado. En 1876, les grandes mines de Comstock ont produit 18,002,906 dollars en or et 20,750,078 dollars en argent; mais dans l'année finissant au 30 juin 1880, cette production est tombée à 3,109,150 dollars pour l'or et 3,813,174 pour l'argent, soit une diminution de 82 pour 100 par rapport à 1876. Le Nevada produit 86 francs d'or et 214 d'argent par kilomètre carré, et 390 et 1,000 par tête d'habitant. Les placers sont très peu importants dans cet État.

L'Utah a une production très régulière; il n'y a pas moins de 535 mines et un seul placer. L'argent y domine.

Ensuite viennent l'Arizona, l'Idaho et l'Orégon. On a découvert l'or dans ce dernier à peu près en même temps qu'en Californie, mais l'importance des mines y est minime; la production n'est que de 20 francs d'or et 60 c. d'argent par kilomètre carré, et 30 fr. et 90 c. par tête d'habitant.

Le Colorado qui avait, il y a quelques années, une production médiocre, a brusquement pris la première place pour l'or et l'argent combinés; il en a produit dans l'année considérée pour 19,250,000 dollars. Le Dakota, le Montana et le Nouveau Mexique ont des gisements très importants, mais qui, surtout pour le dernier de ces États, ne sont pas encore très exploités.

La production totale de métaux précieux dans les États-Unis se répartit comme suit dans les trois divisions indiquées, valeur exprimée en dollars :

DÉSIGNATION.	OR.	ARGENT.	TOTAL.
Pacifique.....	25.261.840	21.143.879	46.405.719
Montagnes-Rocheuses	7.878.183	19.917.492	27.795.675
États de l'Est.....	159 640	49.586	209.226
Total.....	33.299.663	41.110.957	74.410.620

Les métaux précieux extraits sont convertis en monnaie, employés pour les besoins des arts ou exportés. Le premier usage a employé, dans l'année à laquelle les statistiques se réfèrent, 56 millions de dollars d'or et 29 millions d'argent. Les arts ont consommé 10 millions de dollars d'or et 5 d'argent.

Voici, pour terminer et toujours d'après le rapport de M. King, la production de métaux précieux dans les diverses contrées où on peut avoir des chiffres approximatifs :

États-Unis.	75	millions de dollars.
Australie	29	—
Russie.	27	—
Mexique.	26	—
Allemagne	7	—
Colombie anglaise	5	—
Autriche	3	—
Amérique du Sud.	3	—

On voit que les États-Unis produisent à eux seuls presque autant de métaux précieux que les trois grands pays producteurs, l'Australie, la Russie et le Mexique réunis, et l'extraction y augmente d'années en années bien plus rapidement que dans ces contrées.

Les ateliers de construction de Krauss et C^e^ à Munich. — Les ateliers bien connus de Krauss, à Munich, viennent de construire leur millième locomotive. Ce fait présente quelque intérêt en ce qu'il s'agit d'un établissement de fondation relativement récente. Il a en effet été ouvert au mois de juin 1866, et son développement a été tel, qu'il a aujourd'hui deux succursales, l'une à Sendling, l'autre à Linz.

La première locomotive construite figurait à l'Exposition universelle de 1867 à Paris, où elle fut très remarquée et obtint une récompense élevée. La centième fut terminée en janvier 1871, la deux centième en décembre 1872, la cinq centième en juillet 1875, et la millième en mai 1882. Il y a de plus, en ce moment, 95 machines en construction dans les ateliers. Sur ce total, 888 ont été faites sur les types spéciaux de la maison Krauss ; les autres appartiennent à des types divers.

Voici pour quels pays ont été construits ces diverses machines :

Bavière	204
Autres pays d'Allemagne	498
Autriche-Hongrie	154
Italie	86
Suisse	40
France	35
Russie	23
Turquie	12
Hollande	11
Grèce	11
Suède et Danemark	7
Amérique du Sud	8
Espagne	3
Belgique	3

Il y a à Munich deux autres ateliers de construction de locomotives, celui de Kernaul et C^ie^, établi il y a quelques années seulement, et celui de Maffei, à Hirschau, beaucoup plus ancien. Ce dernier, fondé en 1841, a fait sa millième locomotive en 1874. On peut rappeler à ce sujet que les ateliers de Borsig, à Moabit près Berlin, qui passent pour les ateliers de locomotives les plus importants du monde, ont livré leur première locomotive le 24 juillet 1841, leur centième en 1846, leur millième en 1858, leur deux millième en 1867, et leur trois millième en 1873.

COMPTES RENDUS

ACADÉMIE DES SCIENCES.

Séance du 17 juin 1882.

Note de MM. Lemoine et de Preaudeau, sur l'**Abaissement probable des eaux courantes dans le bassin de la Seine,** pendant l'été et l'automne de 1882.

Les auteurs partent du principe que, dans un bassin où dominent les

terrains perméables, les pluies des mois chauds profitent peu aux cours d'eau, à cause de l'évaporation qui en enlève la plus grande partie, et que, c'est la quantité d'eau tombée dans la saison froide, par exemple, du 1er novembre au 30 avril, qui permet de prévoir la tenue moyenne des eaux courantes pendant la saison chaude suivante.

Cette quantité d'eau a été remarquablement faible dans cette période, pour le bassin de la Seine; elle est, pour la plupart des stations, de moins des deux tiers de la hauteur de pluie moyenne, et le mois de mai n'a, contrairement à ce qui a lieu quelquefois, opéré aucune compensation, car il a été encore très inférieur à la moyenne.

En résumé, la dernière saison froide a été caractérisée par la continuité tout à fait extraordinaire des basses eaux; l'état actuel indique qu'on doit prévoir de bas débits pour l'automne prochain.

Cependant, en comparant le produit des sources avec celui des mois correspondants des années d'extrême sécheresse, 1870 et 1874, on reconnaît que, par suite des circonstances antérieures, elles sont un peu mieux alimentées; en conséquence, leur abaissement ne paraît pas devoir être aussi exceptionnel qu'en 1870 et 1874.

Il serait encore possible que la baisse des eaux courantes fût ralentie, si des pluies d'été très intenses et continues venaient à se produire; mais c'est une éventualité très peu probable et qui exposerait l'agriculture à des souffrances bien plus graves que celles qui peuvent résulter de la sécheresse.

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE.

AVRIL 1882.

Rapport de M. DE LUYNES, sur les **Épreuves photographiques sur faïence dure**, présentées par M. CACAULT.

Les épreuves ont été obtenues sur la faïence fine dure de Creil; elles sont cuites sur couverte à un seul feu, à une température presque égale à celle de la cuisson du vernis, mais de moins de durée.

Les épreuves sont reportées sur faïence par des procédés analogues à ceux de Poitevin, c'est-à-dire avec des mélanges de bichromate de potasse et de substances hygroscopiques, etc., les couleurs étant associées à un fondant convenablement choisi par rapport à la faïence à décorer. M. Cacault a pu réunir un nombre de nuances suffisant pour offrir des ressources étendues à la photographie artistique et aux applications à la décoration d'objets plus communs et il a montré qu'il est possible d'ap-

pliquer, d'une manière sûre et d'un seul jet, sur les poteries dures, des épreuves photographiques sans en altérer le caractère et en leur assurant ainsi une complète inaltérabilité.

Rapport de M. Ernest Dumas, sur la **Décoration du verre à froid**, par les procédés de M. Lutz-Knechtle.

L'inventeur, dessinateur pour étoffes de rideaux, à Frogen, canton d'Appenzel (Suisse), compose, au moyen d'une dissolution de silicate de de soude ou de potasse additionnée de blanc de zinc ou d'outremer, des couleurs qu'il applique sur verre au tampon ou au rouleau; des patrons de papier fort lui servent à ménager des réserves au moyen desquelles il donne à ces vitraux l'aspect du verre mousseline gravé ou dépoli par les procédés ordinaires. Par un tour de main ingénieux, il juxtapose ou superpose sans difficulté deux ou plusieurs couleurs sur les mêmes verres et en augmente ainsi les effets décoratifs.

Ces couleurs, à base de silicate de soude, sèchent très promptement (en une heure ou deux), donnent des tons doux, des contours très nets, résistent bien au lavage, et les verres, ainsi décorés, sont d'un prix très inférieur à ceux qu'on obtient par l'acide fluorhydrique ou par les procédés mécaniques. L'opération peut se pratiquer aussi bien sur des verres en place que sur des carreaux démontés.

Rapport de M. Ernest Dumas, sur les **Crayons en couleurs vitrifiables**, de M. Lacroix.

Ces crayons sont analogues pour la forme et pour l'emploi aux crayons ordinaires de plombagine, mais la mine noire y est remplacée par des couleurs vitrifiables.

Le dessin coloré fait avec ces crayons sur du verre légèrement dépoli supporte sans altération le feu de moufle et se fixe sur le verre à la manière de la peinture sur verre ordinaire.

Un emploi aussi facile et aussi commode du dessin sur verre est de nature à présenter des ressources très importantes en donnant des effets nouveaux, qui pourront être utilisés par des artistes de goût pour la décoration du verre.

Mémoire sur l'**Hydrocellulose et ses dérivés**, par M. Aimé Girard.

Sur l'**Acide carbonique normal de l'air atmosphérique**, par M. Dumas.

Cette note très succinte rappelle les expériences faites par M. Reiset, en 1872, 1878 et 1879, expériences qui, par leur nombre (193), leur précision, l'importance des volumes sur lesquelles elles ont porté, les années qui les séparent, ont établi d'une manière définitive deux points très importants; le premier, que la proportion de l'acide carbonique dans l'air ne varie pas sensiblement; le second, qu'il s'éloigne peu de 3/10.000 en volume.

Ces faits ont été confirmés par les résultats obtenus à Rostock, par M. Franz Schulze qui a trouvé des chiffres variant de 2.8668 à 3.0126 pour 10.000.

MM. Müntz et Aubin ont récemment obtenu des résultats qui s'accordent pleinement avec les précédents.

Cette grande moyenne étant bien fixée, M. Dumas pense qu'il serait bon de rechercher les variations dont elle pourrait être susceptible, non par des causes locales, mais par des causes générales se rattachant aux grands mouvements de l'atmosphère, en opérant sur des points divers et éloignés du globe. Si ces expériences donnent des résultats satisfaisants, M. Dumas espère qu'on trouvera convenable d'organiser ensuite sur des points bien choisis les observations annuelles nécessaires à la détermination des variations, que les siècles futurs seraient dans le cas d'amener dans cette proportion.

Fabrication industrielle des produits de laiterie, par M. Chesnel, secrétaire de l'Institut national agronomique.

Cette note vise la transformation qui s'opère dans cette branche et qui tend à lui donner un caractère industriel.

La création de grandes Sociétés de laiterie a amené une amélioration dans les produits, des perfectionnements notables dans les appareils, les engins de transport et dans les locaux. On commence en France la fabrication du lait conservé, question qui a une grande importance, puisque la France importe de Suisse 2 millions de kilogrammes de lait conservé.

La fabrication du beurre éprouve de grandes modifications par suite de l'invention des crémeuses centrifuges, presque toutes originaires de Suède.

La fabrication des fromages tend également à se centraliser dans de grands établissements, et les producteurs tendent à s'associer en mettant leur travail en commun et faisant vendre pour leur compte. Ces Sociétés coopératives paraissent se multiplier.

Méthode raisonnée pour l'étude de la teinture, par M. Degaux.

Nécessité de créer en Algérie une école professionnelle pour la fabrication des tapis d'Orient, par M. Mourceau.

COMPTES RENDUS MENSUELS DES RÉUNIONS DE LA SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

DISTRICT DU CENTRE.

RÉUNION DE MONTLUÇON, 26 FÉVRIER 1882.

Communication de M. BAUBE sur la **transmission électrique des forces**. — L'auteur rappelle les diverses applications faites de l'électricité pour la transmission électrique des forces, et donne les divers renseignements qu'il a trouvés dans les publications sur le rendement obtenu pour des applications de ce genre. Ses conclusions sont que :

1° Le rendement réel sur lequel on peut compter dans des circonstances déterminées n'a pas encore été fixé d'une manière certaine;

2° La transmission électrique des forces présente des difficultés pratiques considérables lorsque la distance est très grande ou lorsque la force à transporter est importante;

3° Dans les applications faites dans les mines, les fils conducteurs se trouvent placés dans des conditions défavorables, soit à cause de l'eau qui coule le long de la paroi des puits, soit à cause des dangers qui peuvent résulter de l'échauffement des fils en cas de rupture. De nombreux essais seront probablement nécessaires pour faire connaître les précautions spéciales qui devront être prises.

Note de M. GAILLARD sur des **essais comparatifs des perforateurs Dubois-François et Ferroux**, faits à Bezenet. — Les expériences ont duré du 4 octobre 1880 au 21 du même mois. L'appareil Ferroux a percé 272 mètres de petits trous en 60 heures 27 minutes, et $8^m,84$ de gros trous de $0^m,10$ de diamètre en 6 heures 15 minutes, soit un avancement moyen de $0^m,075$ pour les petits trous, et de $0^m,0235$ par minute pour les gros.

Le perforateur Dubois et François a foré $258^m,87$ de petits trous en 56 heures 45 minutes, et $9^m,21$ de gros en 3 heures 28 minutes, soit respectivement $0^m,076$ et $0^m,0443$ par minute; mais si on tient compte de ce que le Ferroux était un peu détérioré pendant les trois derniers jours, on trouve pour les 13 premiers des avancements moyens par minute de $0^m,086$ et $0^m,031$ pour le Ferroux, et de $0^m,087$ et $0^m,043$ pour le Dubois et François. On voit que les résultats sont sensiblement les mêmes pour les trous ordinaires.

Quant à la dépense d'air, on a constaté que le nombre de tours de la

machine de compression était de 63 par mètre de forage des trous ordinaires pour les petits trous, et de 194 pour les gros avec le perforateur Ferroux, alors que les nombres de tours étaient respectivement de 44,3 et 110,1 pour le perforateur Dubois et François; ces chiffres correspondent à la période entière de marche, et si on ne prend que les 13 premiers jours, pour la raison déjà mentionnée, on trouve 50 et 134 pour le perforateur Ferroux, et 41 et 111 pour le Dubois et François. Le premier emploie donc 20 pour 100 d'air de plus, de sorte que la quantité d'air nécessaire à l'alimentation de 4 perforateurs Ferroux suffirait pour faire fonctionner 5 appareils Dubois et François.

Les deux appareils paraissent à peu près sur le pied d'égalité au point de vue de l'entretien; le second paraît un peu plus facile à conduire.

Pendant ces essais, on a traversé des grès de faible dureté et des veines schisteuses. Il peut se faire que ces terrains soient moins favorables au Ferroux que des roches dures et homogènes. D'autre part, les essais n'ont pas été assez prolongés pour qu'on puisse apprécier d'une manière certaine et définitive la valeur d'un appareil. Toutefois, les résultats obtenus ont paru assez concluants pour qu'il ait été décidé de continuer l'emploi du perforateur Dubois-François.

Explosions de chaudières à vapeur.—Dans la réunion du 6 mars 1881 (voir *Bulletin* de septembre 1881, page 272), M. Obé avait donné une théorie pour rendre compte de certaines explosions de chaudières restées inexplicables jusqu'ici.

M. Obé ajoute que les coups d'eau sont souvent peu importants par leurs conséquences, mais on doit les considérer néanmoins comme des explosions manquées, qu'une circonstance fortuite, souvent ignorée même, a pu seule rendre anodines. De plus, le grand nombre de chaudières mises en communication, loin de multiplier les chances de ces explosions, tend plutôt à les diminuer, sinon à les éviter complètement. En effet, quelque subit et imprévu que soit un arrêt dans le cas de plusieurs chaudières, l'une d'elles au moins sera en train d'alimentation ou sera nouvellement pourvue d'eau aérée; de sorte que, pour celle-ci, l'ébullition se produira à la température normale et, par le mouvement qui en résultera, entraînera l'ébullition des autres chaudières qui sont en communication avec elles.

M. Guillaumat cite à l'appui le fait suivant :

Le 4 juillet 1868, aux houillères de la Grand'Croix (Loire), une des chaudières du puits Montribout fit explosion en faisant plusieurs victimes : c'était une chaudière de Cornouailles, timbrée à 4 1/2 kilogrammes.

L'explosion ne put être attribuée ni à l'insuffisance de niveau, ni à l'alimentation sur une surface rougie. On fut obligé d'admettre la surcharge des soupapes et l'altération des tôles du ciel du foyer. Mais comme on avait entendu avant l'explosion un grondement sourd dans la chaudière, la surchauffe de la masse d'eau donne une explication admissible de l'explosion.

Communication de M. Durand sur les **causes premières des incendies dans les houillères.** — L'auteur considère comme causes de ces incendies l'échauffement de la houille par les pyrites, même en petite quantité, ainsi que des actions mécaniques, telles que la compression et le frottement qui peuvent dégager assez de chaleur pour enflammer des houilles, même non pyriteuses; dans certains cas, la chaleur dégagée par des machines souterraines a produit des commencements d'incendie. On peut citer un cas de ce genre arrivé à la mine de Doyet. Enfin, les poussières et menus fins de houille peuvent, en absorbant des gaz combustibles en même temps que l'oxigène de l'air, dégager des quantités de chaleur considérables qui pourraient enflammer ces gaz et communiquer le feu au charbon lui-même.

M. Fayol conteste ces explications. Il rappelle les études qu'il a faites sur l'altération et la combustion spontanée de la houille exposée à l'air : la cause première essentielle de l'inflammation spontanée de la houille, est l'absorption de l'oxygène de l'air par la houille elle-même.

Communication de M. Guillaumat sur les **roches blanches** qui accompagnent les couches de houille.

RÉUNION DE SAINT-ÉTIENNE, 6 mai 1882.

Communication de M. Meurgey sur un **régulateur automatique de chauffage par le gaz.** — Cet appareil, dû à M. Saignol, a pour but de régler le chauffage par le gaz d'un milieu quelconque, de telle sorte que le chauffage commence dès que la température de ce milieu descend au-dessous d'un certain degré et cesse dès que la température s'élève au-dessus de ce degré; c'est la dilatation du mercure contenu dans un tube qui produit l'inflammation du gaz, par un petit bec-veilleuse permanent, ou son extinction.

Il est également donné des indications sur d'autres appareils basés sur un principe analogue et servant au même but.

M. Desjoyeaux signale un nouveau mode d'**épuration des fontes**, basé sur l'emploi d'un courant d'hydrogène traversant un four, sur la sole duquel sont placés les objets en fonte à transformer en acier. Une usine devant appliquer ce procédé est en installation à Paris.

M. Baretta, dans l'analyse du rapport sur les **câbles de mines**, fait au nom de la Commission chargée par M. le ministre des Travaux publics d'étudier les questions concernant la rupture des câbles de mines, rapport paru dans les *Annales des Mines*, 6me livraison de 1881.

INSTITUTION OF CIVIL ENGINEERS

Séance du 25 avril 1882.

Communication de M. L.-L. VERNON-HARCOURT, sur les **Ports et embouchures de rivières sur les côtes de sable.**

Cette communication débute par un historique abrégé des altérations progressives des ports de la côte méridionale de la mer du Nord entre Calais et l'embouchure de l'Escaut, c'est-à-dire Calais, Gravelines, Dunkerque, Nieuport, Ostende et Blankenberghe. Ces ports ont dû leur origine à l'existence d'une passe ou chenal communiquant avec une lagune remplie par le flux et le reflux de la mer et par les eaux d'écoulement des terrains environnants. Les premiers ouvrages artificiels consistèrent dans l'établissement de courtes jetées en charpente de chaque côté du chenal pour marquer l'entrée et la protéger. Mais les espaces intérieurs se comblèrent peu à peu et le chenal n'étant plus maintenu par le courant des marées se combla également. On essaya de le maintenir en prolongeant les jetées parallèles jusqu'à des profondeurs plus grandes. Ces jetées sont dans certains cas faites à claire-voie au-dessus de l'eau, mais pleines au-dessous; le but de cette disposition est d'empêcher le sable de la plage de pénétrer dans le chenal tout en ne formant pas obstacle au courant parallèles à la côte. Toutefois les apports de sable dus aux marées, font que la plupart du temps l'allongement des jetées est suivi presque immédiatement d'un avancement correspondant de la plage.

On a également cherché à maintenir la profondeur du chenal d'entrée en emmagasinant les eaux, soit d'écoulement des terres, soit des marées dans des réservoirs très étendus fermés par des vannes, par lesquelles on fait écouler ces eaux à basse mer en donnant lieu à des chasses qui entraînent les sables. Ces réservoirs sont quelquefois formés artificiellement et prennent le nom de bassins de chasse.

On fait un travail de ce genre à Calais. Les jetées de Dunkerque ont été prolongées jusqu'à 750 mètres de la côte, sans qu'on ait réussi à atteindre la profondeur cherchée, car la plage s'est avancée en même temps au point de dépasser l'extrémité des jetées aux basses mers de vive eau.

La grande retenue de chasse à Dunkerque a été remplacée par une série de bassins et de docks qui peuvent au besoin fournir la même quantité d'eau. Comme une barre tendait à se former à l'extérieur du chenal, on a employé des dragues à pompes pour approfondir l'entrée. On a commencé à appliquer ce système en 1876 et l'année dernière on a enlevé près de 230,000 mètres cubes de sable. Les résultats obtenus ont été très heureux

pour le port de Dunkerque, dont le commerce s'est considérablement accru surtout du fait des plus forts navires qui ont pu y entrer.

Le chenal du port d'Ostende, qui était autrefois entretenu par les chasses provenant de marais considérables a, depuis leur desséchement, été amélioré par la construction de jetées parallèles et de bassins de chasse; on emploie maintenant le dragage pour maintenir la profondeur d'eau sur la barre qui est en dehors des jetées.

Le mémoire entre dans une comparaison succincte entre le système de ports qui vient d'être décrit et le système différent, d'où il conclut que la pratique en usage sur le continent de prolonger les jetées et de faire des retenues de chasse est très peu employé dans le Royaume-Uni, où on préfère enclore un grand espace d'eau par des môles convergents de manière à laisser entre eux à leur extrémité un passage rétréci; c'est ce qui a été fait à Aberdeen, à Dublin, à Sunderland et à Lowestoft. On a dit que l'extension des jetées parallèles ne produisait aucun effet, et que des môles convergents aidés par des retenues de chasse seraient probablement le meilleur moyen de conserver la profondeur nécessaire dans des conditions défavorables, telles que celles où se trouve le port de Dunkerque, et que des dragages maintiendraient la profondeur en dehors de l'entrée où le courant produit par les chasses n'agit plus.

On peut citer comme exemple de la transformation d'un port à jetées du premier système en un port entouré par des môles le port de Boulogne, qui aura après les nouveaux travaux son entrée en eau profonde. Madras fournit un exemple d'un port fermé établi sur une côte de sable, où on avait à craindre l'avancement de la plage; mais les môles ayant été établis dans une grande profondeur d'eau, 13m,50, et grâce à l'action des moussons du nord-est qui enlèvent une portion des sables accumulés contre le brise-lame sud par les moussons du sud-ouest, il est probable qu'on n'a pas à craindre avant longtemps que la plage n'atteigne l'entrée du port.

L'expérience obtenue à Ymuiden, Port-Saïd, Madras, Kurachi et autres ports tend à démontrer qu'un courant considérable parallèle à la côte n'est pas un obstacle insurmontable à la conservation d'un port établi avec des môles pleins sur une côte de sable; car, pourvu que l'entrée soit établie en eau profonde, la vitesse de l'avancement de la plage va en diminuant et on peut même arriver à l'état d'équilibre; il s'introduit peu de sable entre les jetées et la saillie des môles tend à produire un courant et une chasse en avant d'eux.

L'auteur examine ensuite les estuaires et discute les travaux faits à l'embouchure de l'Adour, de la Seine et de la Meuse. Le plan de jetées adopté pour l'Adour n'a eu qu'un succès partiel; ces jetées étaient trop rapprochées et gênaient le courant de reflux. L'endiguement de la basse Seine entre la Mailleraye et Berville a produit un approfondissement du chenal très avantageux pour le port de Rouen, mais il a amené un envasement extraordinairement rapide de l'embouchure de la Seine, envasement qui a réduit considérablement la capacité de l'estuaire et qui menace les abords

du Havre. Ces travaux n'ont pas augmenté la profondeur au delà des digues et celle-ci serait difficile à maintenir à moins qu'on ne prolonge l'endiguement; on a proposé de faire celui-ci de manière à diminuer le moins possible la capacité de l'estuaire et à diriger la passe principale du côté du Havre.

Il est également question des travaux de la nouvelle embouchure de la Meuse, qui consistent en une tranchée pratiquée dans le Hoek-van-Holland, avec des jetées disposées à angle droit avec la plage et conduisant la passe jusqu'en eau profonde. On a ainsi obtenu le plus court trajet de Rotterdam à la mer du Nord par une branche secondaire de la Meuse. Les jetées sont faites en fascines et ne montent qu'à mi-hauteur de la marée; elles divergent légèrement l'une par rapport à l'autre, et forment une sorte de prolongement des rives du fleuve jusque dans la mer. La jetée du sud, qui a 2,250 mètres, se prolonge au delà de l'autre, dont la longueur est un peu moindre, pour empêcher que les courants produits par la marée ne donnent lieu à des remous favorables à l'exhaussement de la barre.

On n'a toutefois pas obtenu la profondeur d'eau de 7 mètres aux hautes mers qu'on espérait avoir dans le chenal. On a attribué cet insuccès à l'élargissement trop rapide de l'ouverture à l'extrémité. L'auteur est d'avis qu'il est dû, au contraire, à ce que la tranchée a été faite trop étroite par rapport à la largeur de la rivière et à celle du chenal entre les jetées, à la progression naturelle de la plage près des jetées, produite par les courants du littoral et l'action des vagues, et enfin au retour des déblais extraits de la tranchée pendant la construction et jetés trop près des jetées.

Pour terminer, l'auteur discute la question générale de l'embouchure des fleuves sur des côtes sablonneuses, et indique que les travaux faits pour assurer les passages de ces fleuves ont dû être graduellement prolongés. Il cite la Mersey comme un cas où des travaux de ce genre peuvent compromettre la passe; il rappelle les projets faits dans le même ordre d'idées pour l'Escaut, et signale le danger qu'il y a à réduire la capacité d'un estuaire au point de vue des marées.

Le mémoire finit par une comparaison entre les méthodes employées pour l'approfondissement des embouchures de la Meuse et de la Tyne.

Séance du 9 mai 1882.

Communication de M. Thos.-F. Harvey sur le **lavage de la houille.** — L'objet de ce mémoire est la description des opérations et des appareils pour la séparation des schistes et autres impuretés du charbon. L'utilité de cette précaution n'est pas à démontrer, et, au point de vue purement économique, il ne faut pas négliger le lavage du charbon.

Le système le plus ancien est le lavage par un courant d'eau, action analogue à celle d'une rivière qui dépose dans son cours des matières solides

suivant certaines lois. Le mémoire décrit le système des auges de Tredegar, qui est un développement de cette méthode.

L'objection principale à faire au lavage en auge, est que le résultat ne dépend pas de la régularité de l'action de l'appareil, mais du soin avec lequel les opérations sont conduites. La méthode est économique, mais la question de coût est un peu secondaire, le point essentiel étant la production de charbon aussi pur que possible, la différence de valeur comme combustible entre la houille pure et la houille impure étant assez grande pour qu'on puisse accorder un supplément de prix pour le nettoyage.

Souvent le nettoyage est opéré, non plus dans le voisinage immédiat de la mine, mais dans des établissements spéciaux où on traite le produit de plusieurs houillères, ce qui nécessite un transport et un déchargement.

Le mémoire traite de ces questions un peu accessoires; il décrit les méthodes de déchargement, entre autres le culbuteur automatique employé à Denain et le déchargeur automatique de Dowlais. Il passe en revue les divers systèmes de grilles, grilles fixes à barreaux plats, presque universellement employées dans les houillères et ports d'embarquement des charbons, la grille à barreaux plats de Guinotte, la grille à mouvement de va-et-vient, et la grille tournante. Les difficultés provenant, pendant le criblage, de l'obstruction des vides des grilles sont examinées, et quelques moyens de les éviter indiqués.

Le mémoire décrit également la pratique employée sur le continent, la préparation du gros charbon pour la vente quand on ne lave que les menus : 1° table tournante circulaire sur laquelle le charbon est lentement entraîné; 2° toile sans fin tendue sur deux tambours, faisant avancer le charbon pendant que les ouvriers trient les morceaux de schiste. La question des broyeurs et concasseurs est ensuite examinée. L'auteur discute les diverses méthodes de transport du charbon d'une partie à l'autre des ateliers de lavage : 1° transport par conduits inclinés, convenant seulement aux faibles distances; 2° transport par courant d'eau dans des conduits à faible inclinaison; 3° transport par wagonnets; 4° transport horizontal par vis sans fin; 5° transport par chaîne; 6° élévateur à chaîne et godets, dont chacun peut contenir de 9 à 45 kilogrammes de charbon.

Le lavage peut s'opérer soit en faisant passer à travers le charbon un courant d'eau ascendant, soit en le laissant tomber dans une masse profonde d'eau tranquille. Divers appareils sont décrits, tels que le système Coppée, employé sur le continent; la machine Sheppard, installée à Dowlais; une laverie, avec machine Bérard, également établie à Dowlais, et enfin de grandes machines installées, il y a environ huit ans, aux ateliers de la Ebbw Vale Company.

Séance du 16 mai 1882.

Communication de M. W. Proctor Baker sur les **divers procédés de mouture** des grains et les machines employées dans les **moulins**

à farine. — Le mémoire décrit les divers systèmes de mouture, et insiste sur le procédé hongrois, qui commence par réduire le grain en semoule, laquelle est ensuite, après séparation de la plus grosse partie du son, réduite en farine pure, ce qui permet d'obtenir du grain plusieurs qualités de farine; les appareils de mouture et de nettoyage sont passés en revue.

Communication sur la **mouture moderne en Angleterre**, par M. HENRY SIMON. — L'industrie de la mouture en Angleterre s'exerce sur plus de 300,000 tonnes de grain par an. Le mémoire discute la différence entre les produits de la mouture anglaise par meules et de la mouture hongroise ou américaine par cylindres, l'une lente, l'autre rapide; la dernière développe moins de chaleur et les produits sont supérieurs. Les moulins à cylindres ont été introduits en Angleterre en 1862 par Buckholz; mais les résultats n'ont pas été bons. Les procédés hongrois ont été importés en 1868 par Oexle; mais le grand développement de ce système a été déterminé par l'emploi des cylindres en porcelaine de Weymann. L'auteur propose une méthode consistant dans la réduction graduelle du grain par des cylindres à grosses cannelures, un nettoyage par des rouleaux à cannelures fines et une réduction de la semoule par des cylindres lisses ou, dans certains cas, à cannelures fines. Il décrit les machines employées pour cette méthode, qui sont des moulins à cylindres de Daverio modifiés, des machines à nettoyer centrifuges et autres.

Communcation de M. W.-B. HARDING, sur la **Mouture au moyen de moulins à cylindres**, telle qu'on l'emploie à Buda-Pest.

L'auteur rappelle que les moulins à cylindres sont employés pour la fabrication de la farine en Suisse, depuis 1820. Ils ont été introduits en Hongrie, en 1839, par un ingénieur suisse, M. Fehr, qui établit un moulin de 36 appareils qui fut appelé « Josef Walzmühle, » lequel, passé plus tard entre les mains d'une Société, prit le nom de « Pester Walzmühle », et reçut 64 appareils. Depuis trente ans, il a été établi à Buda-Pest 13 autres grands moulins de ce genre.

L'expérience a indiqué que les appareils de ce genre sont excellents pour la granulation préliminaire, c'est-à-dire la transformation du grain en semoule, mais que rien ne vaut le vieux système à meules pour la transformation des semoules en farine, aussi rencontre-t-on les deux systèmes associés dans tous les moulins importants de construction récente en Hongrie.

Le mémoire décrit complètement la marche des opérations dans les moulins de ce genre, depuis le moment où le grain nettoyé arrive au premier cylindre jusqu'à celui où la farine pure est mise en sac, ce qui n'a pas exigé dans cet intervalle moins de dix-huit opérations distinctes, sans compter les traitements ultérieurs des produits accessoires.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS.

3e LIVRAISON DE 1882.

Détermination de l'emplacement convenable d'une installation industrielle, par M. von Launhardt, professeur à l'École technique supérieure, à Hanovre.

Résultats de la station d'essai des combustibles de Munich, par J. Lüders, à Aix-la-Chapelle.

Recherches sur les propriétés chimiques et physiques de l'acier et du fer, par A. Martens, ingénieur à Berlin.

Installations d'extraction dans les mjnières de Siegen, par M. H. Macco, ingénieur à Siegen.

Distribution de précision, système Proell, par Proell et Scharowsky, de Dresde.

Alimentation d'air des foyers et générateurs, par Fritz Lürmann, ingénieur à Osnabrück.

Un procès relatif à une question de patentes.

Première exposition maritime allemande à Hambourg, en septembre 1881, par le professeur Riehn, de Hanovre.

Fabrication du verre.

4e LIVRAISON DE 1882.

Chemin de fer à voie étroite à système mixte par adhérence et par crémaillère de la Lahn à la mine de Friedrichsegen, par M. A. Kuntze, ingénieur, à Wiesbaden [1].

Les nouveaux freins, par M. Ernst, ingénieur et professeur, à l'École supérieure d'Halberstadt.

Perfectionnement dans les instruments de dessin, par M. Zoeppritz, à Hanovre.

Joints de tuyaux, par M. Keller, professeur, à Carlsruhe.

Emploi des clavettes dans les machines, par M. H.-L. Oeking.

Éclairage électrique des locomotives et des navires, par M. Sedlaczeck et F. Wikulöll.

Comparaison entre les systèmes de locomotives Mallet et von Borries.

Expériences sur les foyers de locomotives de Nepilly.

1. Voir Chronique de Janvier 1881, page 172.

Labourage à vapeur.
Appareils de chauffge à air chaud de Schwatlo.
Chauffage à vapeur et a eau de Körting.
Chauffage à l'air chaud de Boyle et fils.

5e LIVRAISON DE 1882.

Sur la nouvelle théorie de la machine à vapeur, par M. J. Lüders, à Aix-la-Chapelle.

Les engrenages à coins et leur application aux treuils, par M. Ad. Ernst, ingénieur et professeur à l'École technique supérieure d'Halberstadt.

Installations d'extraction dans les minières de Siegen, par M. H. Macco, ingénieur, à Siegen.

Sur la densité et l'égalité de composition de la fonte liquide, par R.-M. Daelen, ingénieur, à Düsseldorf.

Composition et température des gaz des hauts fourneaux, par M. Fr. Lürmann, ingénieur, à Osnabrück.

Emploi des cloches au lieu de sifflets sur les chemins de fer secondaires, par M. A. Dulken, ingénieur, à Dusseldorf.

Indicateur double de Schaffer et Budenberg, par M. C. Prüssmann, à Buckau-Magdebourg.

Effort de traction des machines à moissonner.

Exploitation pour service local sur les chemins de fer.

Les locomotives à l'Exposition de Bruxelles, en 1880.

Le Secrétaire-Rédacteur,

A. MALLET.

TABLE DES MATIÈRES

PREMIER SEMESTRE — ANNÉE 1882.

Aménagement des eaux dans ses applications aux travaux d'amélioration de la navigabilité des cours d'eau (Théorie générale de l'), par M. Cotard (séances des 20 janvier, 17 février et 3 mars). . . 79, 197 et 299

Accidents industriels (La liberté des mesures contre les), par M. Georges Salomon (séance du 16 juin). . . . . 653 et 709

Canal de Panama, par M. Hersent (séance du 2 juin). . . . . 635 et 687

Caisses de retraite dans les chemins de fer, par M. Albert Jacqmin (séance du 3 février). 174

Chemin de fer d'intérêt local et la loi du 11 juin 1880, par M. Auguste Moreau. 385

Chemin de fer Métropolitain de Vienne et de Paris (séances des 17 février, 17 et 31 mars, 14 et 28 avril et 5 mai). . . . 197, 310, 325, 359, 436, 460 et 568

Chemins de fer devant le Parlement (La question des), par M. Lejeune (séance du 3 mars). . . . . 264 et 293

Commission pour étudier les projets d'une mer intérieure dans le Sahara Tunisien et Algérien. Membres : MM. Lavalley et Molinos (séance du 5 mai). 555

Commission supérieure pour l'examen de la construction d'un canal maritime de l'Océan à la Méditerranée. Membres : MM. Champouillon, Lavalley et Molinos (séance du 16 juin). 709

Commission de la production chevaline au Ministère de l'agriculture (Membre de la), M. Lavalard (séance du 20 janvier). 78

Comité agricole près le Ministère de l'agriculture (Membres du), MM. Cotard et Ronna (séance du 20 janvier). 78

Comité d'exploitation technique des chemins de fer près le Ministère des travaux publics. Membres : MM. Gottschalk, Lartigue et Raymond (séance du 3 mars). 293

Comptes rendus de janvier, février, mars, avril, mai et juin, par A. Mallet. . . . . 115, 231, 347, 495, 622 et 729

Chronique de janvier, février, mars, avril, mai et juin, par M. A. Mallet. . . . . 100, 213, 332, 479, 606 et 720

Décès : MM. Barroux, Chanoit, Le Baron de Burg, Friedmann, Lasseron, Orsat, Giffard (Henri), Duteil, Salvetat, Capuccio, Gallais (Adolphe) (séances des 3 et 17 février, 3 et 17 mars, 28 avril, 5 et 19 mai) 168, 195, 292, 308, 449, 555 et 585

Décorations françaises :

OFFICIERS de la Légion d'honneur : MM. Crampton, Pontzen, Regray, Siemens et Colladon.

CHEVALIERS : MM. Achard, Aylmer, Bandérali, Boistel, Buquet (Antoine), Carré, Carpentier, Fontaine, Fortin-Hermann (Louis), Ghesquière-Diericx, Jousselin, Lemonnier (Hyppolite), Menier (Henri), Mors, Parent (Louis), Studer, Armengaud jeune, Fousset et Rouit.

Officiers de l'instruction publique : MM. Lépany et Anthoni.

Décorations étrangères :

Italie. — *Isabelle la Catholique :* M. Aylmer, commandeur.

Turquie. — *Nicham :* M. Courtier, officier.

Russie. — *Saint-Stanislas :* MM. Armengaud jeune et Cahen (Albert), chevaliers.

Espagne. — *Ordre de Charles III :* M. Gaget, chevalier.

(Séances des 6 janvier, 3 et 17 février, 28 avril et 5 mai). . . . 77, 168, 195, 449 et 555

Déphosphoration sur sole et au convertisseur Bessemer, par M. F. Gautier (séance du 3 février). 185

Discours de MM. Henri Mathieu et Émile Trélat (séance du 6 janvier). . . . . 47 et 63

Hydraulique. Note sur la forme la plus convenable à donner aux aubes, dans les roues hydrauliques à aubes courbes et aux courbes directrices dans les turbines, etc., etc., par M. Yvon Villarceau. 41

Isthme de Krau, par M. Léon Dru (séance du 3 mai). 303

Obligations (Tirage d') (séance du 16 juin). 708

Pertuis du Viso. (Étude historique d'après des documents inédits du quinzième siècle, conservé aux archives nationales de Turin) (séance du 3 février). 168

Pont du Douro. Lettre de M. Seyrig (séance du 20 janvier). 78

Port de mer à Paris (Améliorations de la Seine et la création d'un), par M. Bouquet de la Grye (séances des 31 mars, 19 mai et 2 juin). . . 324, 507, 524, 594 et 688

Poutres continues (Théorie des). Recherches du moment fléchissant qui résulte du passage des charges roulantes, par M. Canovetti. 128

Prix Nozo (séances des 17 et 31 mars). . . . . 311 et 331

Seine (La) fluviale et maritime, par M. De Coene (séance du 5 mai). . 555

Situation financière de la Société par M. le Trésorier (séance du 16 juin). 707

Théâtres (Mesures à prendre en cas d'incendie dans les), par M. Giraud (séance du 14 avril). 432

Thermodynamique (Considérations expérimentales sur la), par MM. Quéruel et Brüll (séances des 28 avril et 19 mai). . . . . 449 et 586

Tramways d'Italie, par M. Lavalard (séances des 17 février et 17 mars). . . . . 196, 244 et 312

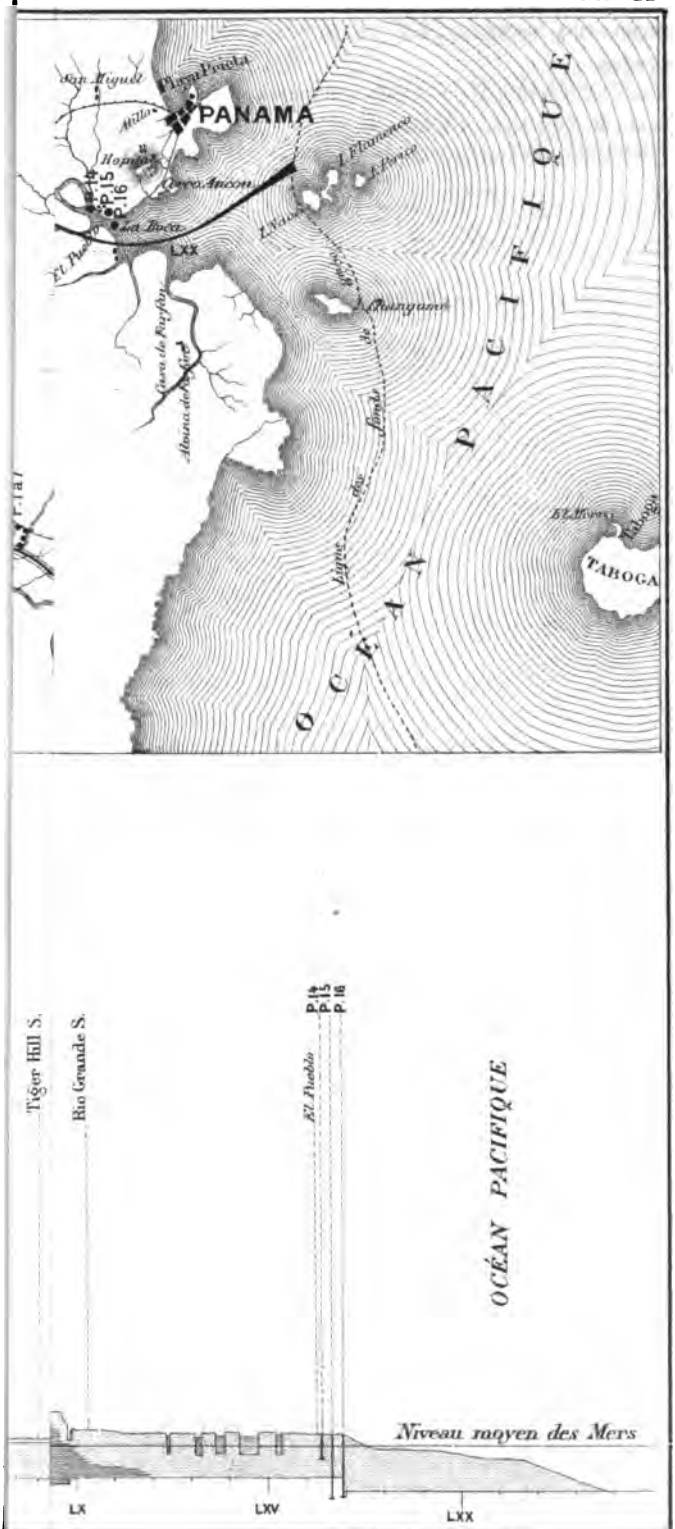
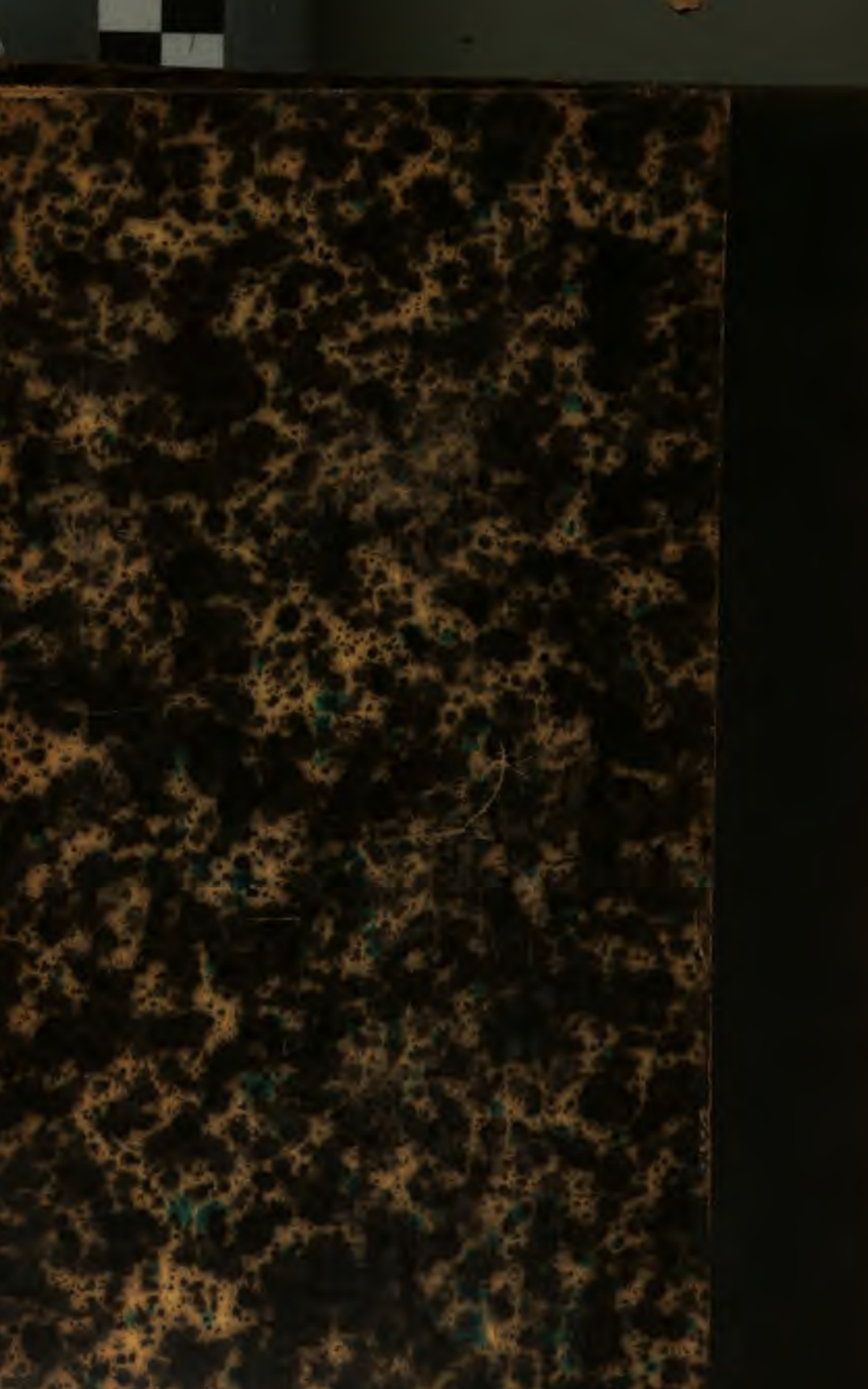
Tramway électrique aérien, par M. Chrétien. 539

Tunnel de l'Arlberg (Installations et avancement des travaux du), par M. Meyer, présenté par M. Mallet (séance du 3 février). 171

Voitures à vapeur, système Amédée Bollée (Note sur les), par M. Le Cordier. 11

Voie de chemins de fer, par M. Bergeron (séance du 16 juin). 710

PARIS. — IMPRIMERIE E. CAPIOMONT ET V. RENAULT, RUE DES POITEVINS, 6.
Imprimeurs de la Société des Ingénieurs civils.



Gravé et Imprimé par Erhard, 35 bis, Rue Denfert-Rochereau_Paris.